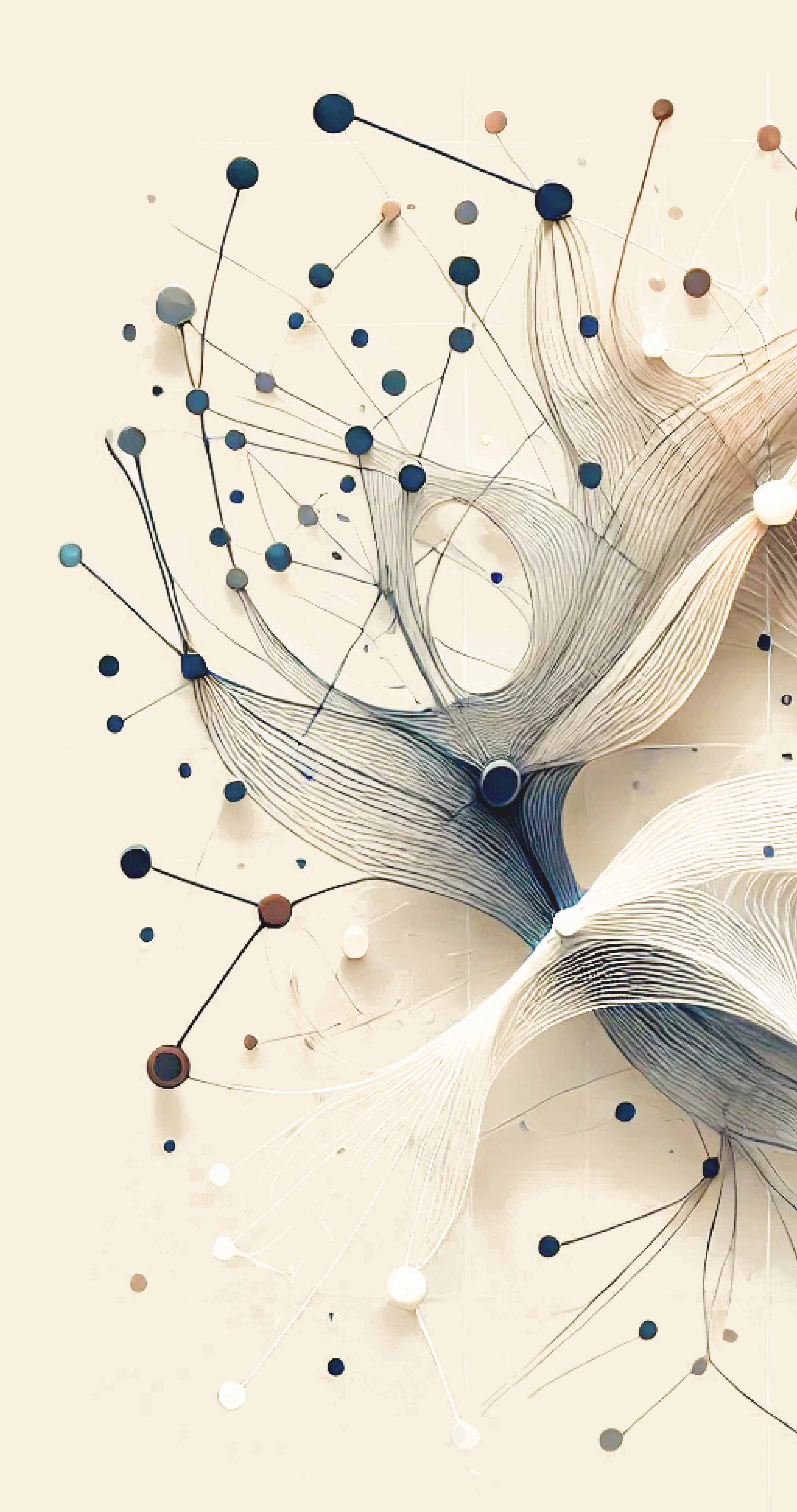
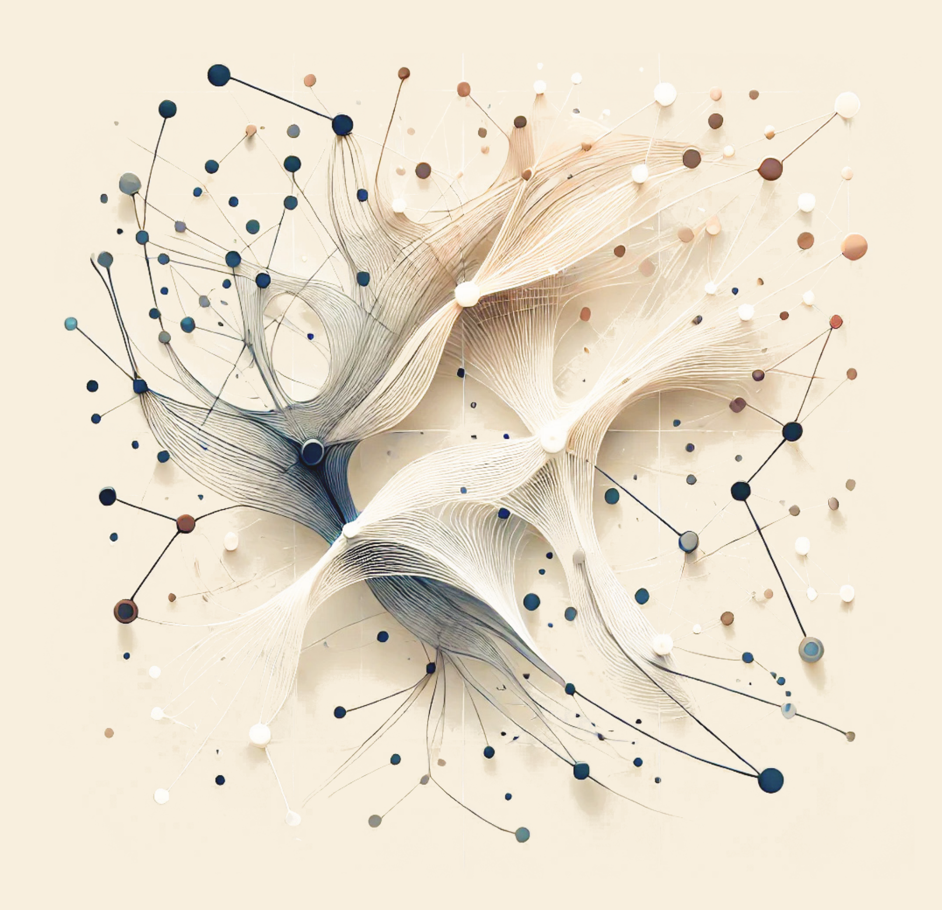
Adopción de la inteligencia artificial y tecnologías digitales en la educación superior

Volumen 1

Jesuan Adalberto Sepúlveda Rodríguez
Raquel Itzel Molina Rodríguez
Patricia Avitia Carlos
(Coordinadores)

Qartuppi®

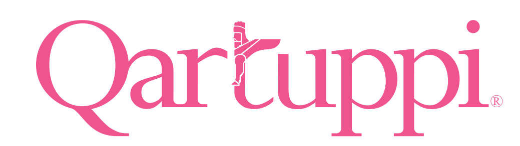




Adopción de la inteligencia artificial y tecnologías digitales en la educación superior

Volumen 1

Jesuan Adalberto Sepúlveda Rodríguez
Raquel Itzel Molina Rodríguez
Patricia Avitia Carlos
(Coordinadores)



Adopción de la inteligencia artificial y tecnologías digitales en la educación superior

Volumen 1

1era. edición, marzo 2025

ISBN obra completa: 978-607-8694-63-1
ISBN del volumen 1: 978-607-8694-64-8
DOI 10.29410/QTP.25.05

Villa Turca 17, Villas del Mediterráneo
Hermosillo, Sonora 83220 México
https://qartuppi.com

Edición: Qartuppi, S. de R.L. de C.V.
Diseño editorial: León Felipe Irigoyen

Contenido

P

Prólogo

Jesuan Adalberto Sepúlveda Rodríguez @,
Raquel Itzel Molina Rodríguez @ y Patricia Avitia Carlos @

La educación superior está siendo desafiada por el acelerado desarrollo de aplicaciones de inteligencia artificial (IA) y su creciente adopción por parte del público en general. Lo anterior plantea numerosas interrogantes sobre el impacto que su integración tendrá en los procesos educativos a mediano y largo plazo. Estas incógnitas se extienden también al futuro del trabajo y a la pertinencia de los perfiles profesionales actuales.

La influencia de las tecnologías digitales y la inteligencia artificial generativa (IAG) en los procesos de enseñanza-aprendizaje y en las dinámicas del aula es cada vez más evidente. La rápida adopción de estas herramientas ha transformado tanto la actividad de estudiantes y docentes como su interacción, redefiniendo la mediación pedagógica. Ante este panorama, analizar y debatir sobre el impacto de estas tecnologías en la educación no solo es necesario, sino inaplazable.

Por ello, hemos creado un espacio para compartir las experiencias, reflexiones y propuestas de un grupo diverso de universitarios, quienes, desde distintos campos, nos ofrecen su perspectiva sobre esta disrupción tecnológica. En este primer volumen, compuesto por 22 capítulos y enfocado en la educación superior, se presentan tanto visiones que identifican oportunidades inmediatas para mejorar la calidad de la enseñanza, como aquellas que advierten sobre los desafíos en torno a la implementación de estas herramientas tecnológicas.

Desde las áreas de la salud, se ha manifestado una participación significativa que refleja el potencial de las tecnologías digitales en este campo. Los primeros diez capítulos ofrecen una perspectiva teórica y una discusión sobre la adopción de IA en disciplinas como medicina, enfermería y odontología. Por ejemplo, en el capítulo 2, los autores

exploran los beneficios de la integración de IA y tecnologías digitales a través de una propuesta de ludificación para la enseñanza de bioquímica. En el capítulo 7, los autores abordan la enseñanza e investigación de fisiología médica a través del monitoreo de dispositivos vestibles. Estos trabajos reflejan las innovaciones propuestas en favor de la formación de profesionales de la salud. Además, en los capítulos se abordan los aspectos éticos asociados; particularmente, en el capítulo 8, el autor nos invita a reflexionar acerca de los límites de la integración de IA en la enseñanza médica, defendiendo un enfoque basado en valores. En conjunto, los autores transmiten un sentido de urgencia sobre la necesidad de revisar y adaptar los planes de estudio, con el objetivo de preparar a las nuevas generaciones de profesionales de la salud para aprovechar la IA en la modernización y optimización de los servicios de atención a la población.

Los capítulos 11 al 22 abordan el fenómeno educativo desde distintas perspectivas, presentando una amplia gama de aplicaciones tecnológicas. Entre ellas se incluyen asistentes virtuales para el aprendizaje de matemáticas, redacción y ortografía, herramientas de apoyo para la planificación de clases, buscadores de información, desarrolladores de material didáctico y entornos de realidad virtual. Estas experiencias reflejan el compromiso de profesores innovadores, dispuestos a seguir aprendiendo, mejorar su práctica docente y compartir sus conocimientos como líderes en sus respectivas disciplinas; sin embargo, más allá de los esfuerzos individuales, es fundamental que estas iniciativas sean reconocidas e incorporadas en estrategias institucionales más amplias, solo así será posible afrontar el cambio y la incertidumbre como motores de transformación en la educación.

Las experiencias presentadas en este volumen se complementan con diversos capítulos teóricos que documentan los avances en educación en áreas como la personalización del aprendizaje, el aula invertida, la analítica de datos y el aprendizaje activo. Junto a estas voces optimistas que destacan el potencial de estas innovaciones, también emergen perspectivas más moderadas que nos recuerdan los desafíos que aún debemos afrontar. Entre ellos, la ética se posiciona como una de las principales preocupaciones en este contexto disruptivo. Así, estos enfoques no solo ofrecen un marco para comprender los cambios en la educación, sino que también nos invitan a construir un modelo de enseñanza integral, donde los valores sean tan relevantes como el conocimiento.

En suma, los trabajos presentados en este libro ofrecen una valiosa oportunidad para explorar el estado actual de la incorporación de la IA en el proceso educativo y plantearnos diversas perspectivas que inviten a definir el futuro de la educación superior y a considerar cómo estas transformaciones pueden contribuir a la construcción de una sociedad más justa, inclusiva y humana.

1 Enfermería 4.0: Integración de tecnologías innovadoras y la IA

Luisa Carolina Rosas Hernández @, Lourdez Estephanie Campero León @
y María Luisa Hernández Ramírez @

En el contexto de la creciente adopción de la inteligencia artificial (IA) y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la educación superior, la enfermería emerge como un campo clave donde estas innovaciones están transformando radicalmente la práctica profesional y la formación académica. Este capítulo explora el impacto de las TIC, las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento (TAC) y las tecnologías de empoderamiento y la participación (TEP) en la enfermería contemporánea, destacando cómo estas herramientas están redefiniendo las competencias y los enfoques en el cuidado de la salud.

La convergencia de estas tecnologías ha abierto un vasto horizonte de posibilidades para la atención médica, impulsando la eficiencia y la calidad de los cuidados. En el ámbito de la investigación, la IA se erige como una herramienta indispensable, facilitando el análisis de grandes conjuntos de datos para identificar patrones, prever tendencias y personalizar tratamientos. Este enfoque, centrado en la investigación, no solo fortalece la práctica clínica, sino que también redefine la manera en que se enseña y se aprende en el campo de la enfermería, integrando nuevas competencias y enfoques pedagógicos.

La incorporación de TIC, TAC y TEP en la educación superior de enfermería no solo facilita el acceso a información crucial, sino que también fomenta un aprendizaje más interactivo y personalizado. Las simulaciones de casos basados en IA, por ejemplo, crean entornos de práctica realistas que permiten a los estudiantes perfeccionar sus habilidades clínicas en un entorno seguro y controlado. Asimismo, el uso de TEP capacita a los profesionales de enfermería para utilizar tecnologías de monitoreo personalizado, lo que les brinda mayor autonomía en la toma de decisiones informadas y facilita una atención más centrada en el paciente.

Este capítulo también examina el papel esencial que desempeña la transferencia de tecnología en el avance de la enfermería basada en IA. La colaboración entre instituciones académicas, redes de investigación —como la Red Mexicana Interdisciplinaria de Educación e Investigación en Enfermería (ReMIEIE)— y el sector de la salud es fundamental para llevar las innovaciones desde el laboratorio hasta la práctica clínica. La creación de alianzas estratégicas facilita la implementación efectiva de soluciones tecnológicas en los entornos de atención médica, maximizando así los beneficios potenciales de la IA y las TIC en la mejora de los cuidados de salud.

A medida que la IA y las tecnologías digitales continúan evolucionando, este capítulo destaca la necesidad de mantener una adaptabilidad constante en la formación de enfermería. Se abordan los desafíos actuales y se proponen estrategias para integrar eficazmente estas tecnologías en los programas de educación superior, garantizando que los profesionales de enfermería estén preparados para enfrentar los desafíos de una atención médica cada vez más digitalizada. En última instancia, esta exploración proporciona una visión integral de cómo la investigación y la transferencia de innovaciones en IA están dando forma al futuro de la enfermería, optimizando tanto la práctica clínica como la formación académica.

Antecedentes

Uno de los personajes más importantes en el origen de la IA es Alan Turing, quien a mediados del siglo XX introdujo el concepto de máquina de Turing. Según Blakemore (2023), Turing, adelantado a su tiempo, fue uno de los primeros científicos en concebir las computadoras como sistemas capaces de resolver cualquier tipo de problema asignado. El desarrollo del campo de la IA se remonta a 1956, año en que nació el concepto de *inteligencia artificial*, con la creación de los primeros programas capaces de resolver problemas y demostrar teoremas sencillos, sentando las bases para el futuro de esta disciplina.

> Los hallazgos indican posibilidades de que sistemas de IA fortalezcan propósitos de la educación, iniciando por una mayor garantía de acceso y equidad, viabilizada por sus innovadores desarrollos. Además, con la automatización, integración e interacción con sistemas de IA, se evidencian posibilidades de mejorar algunas prácticas educativas. (Barrios et al., 2020, como se citó en Pillasagua, 2024, p.11)

En el ámbito educativo, el avance de la IA en diversas disciplinas científicas y campos especializados, según Darío y Padilla (2019), ha marcado un objetivo primordial: uti-

lizar la IA, en conjunto con el vasto conocimiento pedagógico, para diseñar programas que promuevan estrategias de aprendizaje efectivas. Estos programas no solo pretenden facilitar la adquisición de conocimientos, sino también implementar métodos de enseñanza que optimicen la transmisión de información y evalúen de manera eficaz el proceso educativo (Bajaj & Sharma, 2018).

La aplicación de la IA en diversas áreas de la educación ofrece una ventaja para las nuevas generaciones, quienes aprenden y exploran estas tecnologías, pero también las implementan durante su etapa de formación profesional (Saban et al., 2023).

Además de su aplicación en el ámbito educativo, es importante destacar el impacto de la inteligencia artificial en el área de la salud. Según Ramírez-Pereira et al. (2023), el uso de la IA en los cuidados y la salud general abre un amplio abanico de oportunidades para mejorar aspectos como la justicia social, la equidad, la cobertura y el acceso a servicios de salud. Sin embargo, este avance también conlleva una gran responsabilidad, especialmente en lo que respecta a la privacidad y seguridad de los datos de los pacientes, el manejo de historiales médicos y la protección de información confidencial, así como el cumplimiento de las normativas legales vigentes.

De acuerdo con Carrera-Alarcón y Silva Sánchez (2024), "se ha observado que, entre los profesionales de la salud, los enfermeros y enfermeras podrían ser los que más se beneficien de la IA" (p.3). Por su parte, según Saban et al. (2023), "los avances en IA y salud en los últimos años se han visto facilitados por el aumento exponencial de datos accesibles, la mayor capacidad de cómputo disponible y progresos en aspectos metodológicos" (p.9).

Dado el contexto anterior y derivado de la revisión bibliográfica se planteó la siguiente hipótesis:

H1: Al menos el 70 % de los profesionales de enfermería que actualmente ejercen están familiarizados con el concepto de Enfermería 4.0 perciben que la integración de la IA está transformando positivamente su práctica en cuanto a la mejora de la eficiencia y la calidad del cuidado al paciente.

Esta hipótesis se basa en la premisa de que el conocimiento y la familiaridad con las innovaciones tecnológicas, incluyendo la IA, influyen significativamente en la percepción que tienen los profesionales sobre el impacto de estas herramientas en su campo de trabajo. El porcentaje estimado del 70% refleja una expectativa optimista, que parte de la suposición de que la mayoría de los profesionales de enfermería valoran y reconocen los beneficios potenciales de la IA en su práctica diaria, especialmente en lo relacionado con la optimización de procesos, la reducción de errores y la mejora de los resultados de atención al paciente.

Metodología

Se utilizó la metodología DMAIF (acrónimo en inglés de cinco pasos: definir, medir, analizar, mejorar y dar seguimiento), siguiendo el enfoque empleado en estudios previos como el de Muñoz et al. (2022). Esta metodología está basada en el modelo DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar), pero adaptada con un enfoque que implica un seguimiento continuo. Esta adaptación resalta la importancia de mantener un monitoreo constante después de la implementación de mejoras, garantizando que los cambios se mantengan efectivos a lo largo del tiempo y permitiendo ajustes adicionales si es necesario

Definir

El objetivo de esta investigación es evaluar la familiaridad, las percepciones y las posibles barreras en la integración de las TIC, TAC, TEP y la IA en la práctica y educación de la enfermería. Además, se busca identificar a los posibles encuestados, que incluyen desarrolladores de tecnología, personal de enfermería en activo, educadores en enfermería, estudiantes de enfermería, y administradores de instituciones de salud y educativas.

La investigación abarca tanto entornos clínicos como académicos de enfermería, incluyendo hospitales, clínicas y universidades, con el fin de obtener una visión integral de cómo estas tecnologías están siendo percibidas e implementadas en diversos contextos.

Medir

Crear un instrumento de medición que incluya preguntas para evaluar los indicadores clave de rendimiento (KPI, por sus siglas en inglés) definidos, como la familiaridad con las tecnologías innovadoras, las percepciones sobre su impacto y beneficios, así como las barreras para su integración. Además, la inclusión de escalas de respuestas (e. g., Likert) para una cuantificación precisa de las actitudes y percepciones.

También se realizó un pilotaje de este cuestionario con un pequeño grupo de la población, los miembros de la ReMIEIE, para identificar posibles problemas y realizar ajustes antes de la implementación a gran escala. Esto permitió corregir posibles ambigüedades en las preguntas y asegurar que los encuestados comprendieran el propósito de cada ítem. Una vez ajustado, el cuestionario se distribuyó a la población objetivo y se recopilaron las respuestas para su análisis.

Analizar

Utilizar métodos estadísticos para analizar las respuestas del cuestionario, con el fin de identificar tendencias, patrones y posibles áreas de preocupación en relación con la in-

tegración de tecnologías innovadoras y la IA en la práctica y educación de la enfermería, utilizando un alcance descriptivo.

Mejorar

Basándose en los resultados del análisis, identificar áreas específicas donde se necesiten mejoras o intervenciones, como capacitación en tecnologías específicas, cambios en la infraestructura tecnológica o ajustes en los currículos educativos.

Luego, desarrollar e implementar estrategias para abordar las áreas de mejora identificadas, para facilitar una mayor integración de las tecnologías innovadoras y la IA en la enfermería.

Dar seguimiento

Para asegurar que las estrategias de mejora en la integración de tecnologías innovadoras y la IA en la enfermería sean efectivas y sostenibles, es esencial realizar seguimientos periódicos que permitan evaluar el impacto de las acciones implementadas. Esto se logrará a través de un enfoque iterativo, flexible y adaptativo, que incorpore la retroalimentación continua de los participantes y ajuste las estrategias según los resultados y las tendencias emergentes.

Resultados

El cuestionario aplicado incluyó varias preguntas clave que proporcionaron información valiosa para evaluar la hipótesis, tales como la familiaridad con la Enfermería 4.0, las percepciones sobre el impacto de la IA en la práctica de enfermería, y los beneficios específicos observados o anticipados con la integración de la IA. La combinación de estas respuestas permitió obtener una visión clara sobre si la hipótesis se sostiene y en qué medida los profesionales de enfermería están alineados con estas expectativas tecnológicas.

La hipótesis fue aceptada con base en las respuestas del cuestionario. El análisis reveló que el 100% de los profesionales de enfermería familiarizados con la Enfermería 4.0 percibe que la integración de la inteligencia artificial transforma positivamente la práctica tradicional de la enfermería. Este resultado supera ampliamente la estimación inicial del 70%, lo que indica una percepción muy positiva entre este grupo sobre el impacto de la IA en su campo.

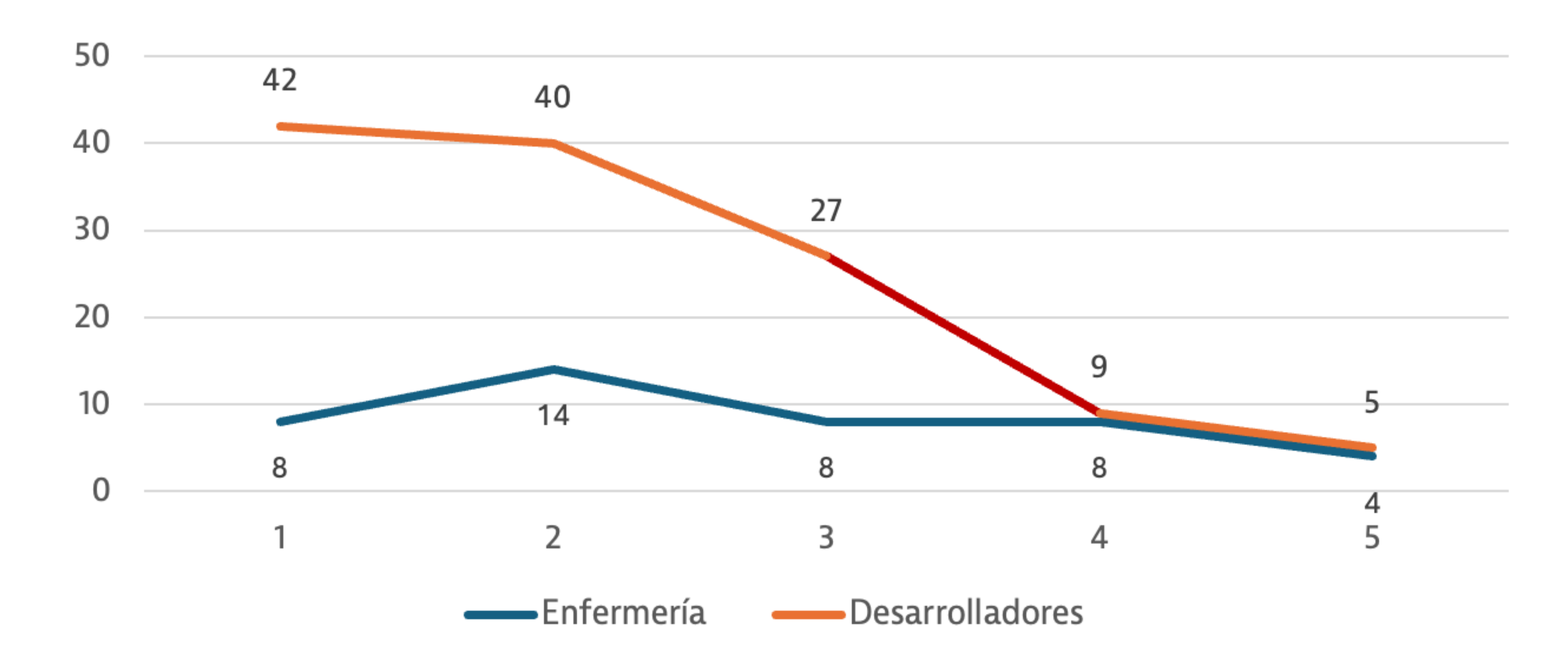
Se identificó una necesidad clara de evaluar y mejorar la integración de tecnologías innovadoras y la IA en la práctica y en la educación en enfermería, con un enfoque particular en las TIC, TAC y TEP.

La distribución del cuestionario reveló un nivel variado de familiaridad con las TIC, TAC, TEP y la IA entre los profesionales de enfermería, educadores, potenciales desarrolladores y estudiantes. La mayoría mostró interés en aprender más sobre estas tecnologías y su aplicación práctica, debido a que no se encuentran muy familiarizados con la Enfermería 4.0 y las tecnologías innovadoras (TI).

En la Figura 1, se muestra la percepción de familiarización de dos grupos; por un lado, aquellos que ejercen la profesión de enfermería (línea azul) y, por otro, aquellos potenciales desarrolladores (línea roja).

Figura 1

Percepción de familiarización de ambos grupos con Enfermería 4.0 y TI



Un 60% de los encuestados reportó tener familiaridad con las TIC, lo que indica un nivel moderado de conocimiento y uso de estas herramientas en su práctica profesional. Sin embargo, esta familiaridad disminuye al considerar las TAC y las TEP, donde solo el 40% y el 35% de los encuestados, respectivamente, expresaron tener un conocimiento comparable. En cuanto a la IA, aproximadamente la mitad de los participantes indicó tener una comprensión básica de su aplicación y su potencial en el campo de la enfermería.

La percepción sobre el impacto de estas tecnologías en la mejora de la eficiencia y la calidad del cuidado en enfermería fue notablemente positiva, con un 75% de los encuestados que creen firmemente en el potencial transformador de la IA. Sin embargo, el estudio también identificó barreras significativas para la adopción de tecnologías innovadoras; entre ellas, la falta de capacitación fue mencionada por un 60% de los participantes; un 50% de los encuestados señaló la infraestructura tecnológica inadecuada

como un obstáculo importante; mientras que la preocupación por la privacidad y la seguridad de los datos fue mencionada por un 45% de los participantes.

Los beneficios anticipados de la integración de estas tecnologías en la enfermería, tales como la mejora en las decisiones clínicas, la eficiencia operativa y la personalización del cuidado al paciente, fueron ampliamente reconocidos por los encuestados, con porcentajes de aceptación que varían entre el 65% y el 80%. Este alto nivel de reconocimiento subraya la valoración positiva de las tecnologías innovadoras entre los profesionales de enfermería y también resalta la confianza en el potencial transformador de estas herramientas para optimizar tanto los procesos clínicos como la experiencia del paciente. Sin embargo, para que estas tecnologías alcancen su máximo impacto, es fundamental superar las barreras previamente identificadas; abordar estas limitaciones permitirá a los profesionales de enfermería aprovechar plenamente los beneficios de la IA, las TIC, TAC y TEP.

Se infiere que, al implementar estrategias dirigidas a mejorar la capacitación y actualizar la infraestructura tecnológica, se podría aumentar hasta en un 60% la competencia y confiabilidad del personal de enfermería en el uso de tecnologías innovadoras. Una vez implementadas estas estrategias, sería crucial realizar una evaluación de seguimiento o control, para asegurar que el personal de enfermería esté alcanzando los niveles de competencia esperados en el uso de estas tecnologías y monitorear si las barreras previamente identificadas han sido efectivamente superadas.

Conclusiones

El cuestionario "Enfermería 4.0: Integración de Tecnologías Innovadoras y la IA" ha proporcionado perspectivas valiosas sobre el estado actual de adopción de tecnologías innovadoras en la enfermería. Los hallazgos destacan la importancia de la capacitación y la mejora de la infraestructura, subrayando que estos son aspectos críticos para maximizar el impacto de la inteligencia artificial y otras tecnologías en el ámbito clínico y educativo. Además, la necesidad de un enfoque proactivo y adaptable es clara para integrar estas tecnologías de manera efectiva en la práctica y formación en enfermería.

Por su parte, la utilización de la metodología DMAIC adaptada ha permitido un enfoque estructurado para identificar áreas clave de mejora, como la falta de formación y la insuficiencia tecnológica, y desarrollar estrategias efectivas para abordarlas. Asimismo, el enfoque de seguimiento continuo asegura que el proceso de integración de tecnologías sea iterativo y sensible tanto a la retroalimentación de los participantes como a los cambios tecnológicos. De este modo, se garantiza que las mejoras se implementen de manera sostenible, asegurando la adaptación constante a las nuevas necesidades del personal de enfermería y a las oportunidades emergentes en el ámbito tecnológico.

La narrativa de estos hallazgos sugiere que, aunque existen desafíos hacia una integración efectiva de tecnologías innovadoras en la enfermería, las estrategias enfocadas en la educación y la mejora de la infraestructura tecnológica tienen el potencial de generar un cambio sustancial en la aceptación y aplicación de estas herramientas.

La metodología adaptada de DMAIC, con un enfoque en el seguimiento continuo y la adaptabilidad, ha demostrado ser un enfoque valioso para superar estos desafíos. Esta metodología asegura que los procesos de mejora no sean estáticos, sino dinámicos y ajustables a las necesidades emergentes y a las nuevas tendencias tecnológicas. Como resultado, se maximizan los beneficios que estas tecnologías pueden ofrecer al campo de la enfermería, asegurando que las innovaciones se integren y sostengan a lo largo del tiempo, mejorando la calidad del cuidado al paciente y la eficiencia operativa en el sector.

Referencias

Bajaj, R., & Sharma, V. (2018). Smart Education with artificial intelligence based determination of learning styles. *Procedia Computer Science,* 132, 834–842. https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2018.05.095

Blakemore, E. (2023, marzo 1). La nueva IA podría superar el famoso Test de Turing; este es el hombre que lo creó. *National Geographic.* https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2023/03/alan-turing-test-inteligencia-artificial

Carrera-Alarcón, J., & Silva Sánchez, C. (2024). Complejidades del uso de la inteligencia artificial en los cuidados de enfermería. *Cuidados de Enfermería y Educación en Salud, 9,* 2130. https://doi.org/10.15443/ceyes.2024.2130

Darío, R., & Padilla, M. (2019). La llegada de la inteligencia artificial a la educación. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información, 7*(14), 260–270. https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.022

Muñoz, A., Rosas-Hernández, L., Salas, J., -Villavicencio, A. H., Maxo, E., & Ochoa-López, A. (2022). Síndrome de burnout en estudiantes de Enfermería de la escuela de Ciencias de la Salud: modalidad en línea. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6*(1), 4577–4601. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V6I2.1775

Pillasagua, C. D. (2024). *Estudio de herramientas de Inteligencia Artificial para procesos académicos de los estudiantes de la carrera de Tecnología de la Información* [Tesis]. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador. https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6351/1/Pillasagua%20Cede%C3%B1o%20Cristopher%20Daniel.pdf

Ramírez-Pereira, M., Figueredo-Birda, N., & Opazo, E. (2023). La inteligencia artificial en el cuidado: un reto para Enfermería. *Enfermería (Montevideo), 12*(1). http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2393-66062023000101101

Saban, M., Esteban, S., Pérez-Acuña, K., Rubistein, A., & Cejas, C. (2023, junio). *El impacto de la inteligencia artificial en la atención de la salud. Perspectivas y enfoques para América Latina y el Caribe*. CLIAS. https://media.tghn.org/medialibrary/2023/07/DT1_CLIAS_MvzNEmB.pdf

2 Enriqueciendo la experiencia educativa en medicina: Un enfoque en IA y ludificación para la enseñanza de la bioquímica

Ricardo Perea Jacobo @, Raquel Muñiz Salazar @
y Dora Luz Flores Gutiérrez @

En la actualidad, la educación médica se encuentra en un punto de inflexión, enfrentando desafíos sin precedentes derivados de la rápida evolución del conocimiento científico, la creciente complejidad de los sistemas de atención médica y la demanda creciente por profesionales de la salud que no solo dominen los aspectos teóricos, sino que también posean habilidades prácticas afinadas y la capacidad de adaptarse a entornos cambiantes. Esta realidad subraya la necesidad crítica de innovar en los métodos de enseñanza, donde la integración de tecnologías avanzadas y enfoques pedagógicos modernos, como la inteligencia artificial (IA) y la ludificación, emergen como soluciones prometedoras para revitalizar el currículo médico y fomentar un aprendizaje más profundo y significativo (Lifshitz-Guinzberg et al., 2021). Sin embargo, la implementación de estas técnicas y su adaptación a los contenidos temáticos de los cursos suponen un reto considerable para los docentes. Estos métodos requieren no solo una inversión significativa de tiempo, sino también un alto grado de creatividad para desarrollar dinámicas atractivas que mantengan el interés de los estudiantes y se alineen con los objetivos pedagógicos.

Uno de los principales retos al ludificar unidades temáticas en la educación médica es la construcción de historias y narrativas interactivas que resulten emotivas y atractivas para los estudiantes. Para los docentes, especialmente en un campo tan dinámico como la medicina, mantenerse actualizados con los avances científicos y las nuevas prácticas de la profesión, al mismo tiempo que diseñan actividades lúdicas y creativas, representa una carga de tiempo significativa. Esto puede disminuir la motivación para aplicar estas técnicas en el aula, ya que el esfuerzo requerido para desarrollar una ludificación efectiva se suma a las responsabilidades docentes habituales.

Una posible solución para superar estas barreras es el uso de lenguajes de gran tamaño, los cuales pueden facilitar la creación de contenido lúdico de manera más eficiente y rápida. Al utilizar estos modelos, los docentes pueden reducir el tiempo y los recursos necesarios para diseñar actividades de ludificación, lo cual aumenta la motivación tanto de los profesores como de los estudiantes, al mejorar la experiencia educativa

En este capítulo, se exploran los beneficios de integrar herramientas como los grandes modelos de lenguaje en la ludificación de cursos médicos, con un enfoque particular en la experiencia de implementar un juego de rol (RPG, *role-playing game*) en la impartición de un curso de bioquímica para médicos, utilizando la plataforma *Classcraft*.

Juegos de rol como técnica educativa

Los RPG, como técnica educativa, se basan en el principio de aprendizaje experiencial, en el que los estudiantes asumen roles específicos dentro de escenarios que simulan situaciones reales o hipotéticas relacionadas con su campo de estudio. Esta metodología promueve una comprensión más profunda de los conceptos, ya que permite a los estudiantes explorar y aplicar el conocimiento en un contexto práctico, lo que facilita el aprendizaje activo y mejora la retención a largo plazo. Además, los juegos de rol fomentan el desarrollo de habilidades transversales cruciales, como la toma de decisiones, el pensamiento crítico, la comunicación efectiva y la capacidad de trabajo en equipo. Estas competencias son esenciales para los futuros profesionales médicos, quienes se enfrentarán a situaciones complejas que requieren no solo un sólido conocimiento teórico, sino también la capacidad de aplicarlo de manera efectiva en la práctica clínica. Investigaciones recientes han demostrado que los estudiantes que participan en juegos de rol experimentan un aumento significativo en su motivación y en su capacidad para entender conceptos complejos, en comparación con métodos de enseñanza más tradicionales (Topîrceanu, 2017).

Los RPG han demostrado ser una herramienta educativa invaluable, con numerosos casos de éxito que resaltan su eficacia en distintos contextos académicos. Por ejemplo, a nivel universitario, se ha implementado el uso de RPG mediante debates personificados, lo que ha facilitado la formación del pensamiento crítico de forma experiencial y motivacional, permitiendo el desarrollo de competencias comunicativas con una valoración positiva por parte de los alumnos (Anta et al., 2019). Gracias a su flexibilidad para adaptarse a diversas temáticas y niveles educativos, se han reportado implementaciones exitosas de RPG en áreas como la comprensión lectora, la cultura científica, la bioética, la historia, el cambio climático y el desarrollo de habilidades socioemocionales. Esta versatilidad ha permitido que los RPG se utilicen en modelos de enseñanza a distancia, en di-

námicas semipresenciales y en enfoques de clase invertida (*flipped classroom*) (Alejandro et al., 2024; Álvarez & Álvarez, 2020; Anta et al., 2019; Luna et al., 2021; Pons & de Soto, 2020). Uno de los aspectos más destacados de los RPG es su capacidad para fomentar el aprendizaje colaborativo, creando un entorno de ayuda mutua en el que los estudiantes trabajan juntos para completar misiones o avanzar de nivel; esta dinámica en equipo es un poderoso elemento motivador, ya que refuerza el compromiso de los estudiantes con el proceso de aprendizaje (Johnson & Johnson, 2008).

En el ámbito de las ciencias de la salud, las simulaciones de entornos clínicos se utilizan con frecuencia para entrenar a los estudiantes en la toma de decisiones en momentos de crisis, desarrollar aptitudes mentales esenciales para la práctica profesional, y fomentar la empatía. La mayoría de estas simulaciones se enfocan en un perfil realista, dirigido a perfeccionar habilidades clínicas como la interacción con pacientes, la realización de entrevistas, y el manejo de algoritmos terapéuticos. Sin embargo, este enfoque tiende a ser percibido por los estudiantes más como un entrenamiento técnico que como una experiencia lúdica, lo cual puede afectar negativamente su motivación; además, las simulaciones suelen priorizar los contenidos prácticos en comparación con los teóricos, debido a su facilidad de adaptación (Nejadghanat et al., 2024; Pouchon et al., 2024; Simes et al., 2024; Witherspoon et al., 2023). En contraste, los RPG ofrecen una interacción enriquecida entre los jugadores o entre los jugadores y los instructores, quienes asumen el rol de "maestro de juegos" dentro de un marco que incluye elementos fantásticos y reglas específicas (Gade et al., 2003). Una de las piezas fundamentales que define a los RPG es la narrativa, es decir, la representación de secuencias de eventos dentro del mundo del juego, que le otorgan a la experiencia de juego interacciones y dinamismo (Winardy & Septiana, 2023). Debido a estos requerimientos creativos, la implementación de los RPG en la educación médica y de ciencias de la salud demanda una considerable inversión de tiempo y creatividad por parte de los docentes para la redacción de la narrativa y el ajuste de la temática del curso.

La inteligencia artificial en la creación de narrativas educativas

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la inteligencia artificial está transformando el panorama educativo mediante la generación de contenido personalizado y adaptativo, fundamentado en algoritmos avanzados y técnicas de procesamiento de lenguaje natural (PLN). Estas tecnologías permiten la creación de narrativas educativas que se ajustan dinámicamente a las necesidades y ritmo de aprendizaje de cada estudiante (Miao et al., 2021). En el contexto de la educación en ciencias de la salud, los sistemas de IA pueden diseñar escenarios de

RPG en áreas como la bioquímica, simulando situaciones reales de laboratorio o clínicas, y ofreciendo a los estudiantes una experiencia de aprendizaje inmersiva y contextualizada. Al integrar datos sobre el progreso del estudiante, estos sistemas de IA pueden ajustar de manera automática la dificultad de los desafíos y la complejidad de la información presentada, asegurando así una experiencia educativa óptima y personalizada.

Uno de los modelos de lenguaje más recientes y accesibles es *ChatGPT*, que permite generar texto similar al redactado por un humano a partir de las instrucciones de entrada. ChatGPT ya ha sido ampliamente aplicado en la educación superior, donde puede desempeñar diversas funciones en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, el surgimiento de los modelos de lenguaje ha generado varios debates éticos en torno a temas como la integridad académica, la protección de datos y los sesgos cognitivos, así como cuestiones relacionadas con el género y la diversidad (Ray, 2023). Para abordar estas preocupaciones, la UNESCO ha emitido recomendaciones para el uso ético de la IA, buscando que estas tecnologías trabajen para el beneficio de las personas y sociedades; entre estas recomendaciones, se incluye la promoción de prácticas emergentes que puedan contribuir a alcanzar una educación de calidad, como lo marca el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (UNESCO, 2023).

En el contexto actual, diversas herramientas de IA están redefiniendo el diseño y la implementación de RPG en la educación, al proporcionar plataformas que permiten la creación de ambientes de aprendizaje personalizados; el uso de estos sistemas puede ayudar a los educadores a adaptar los escenarios de RPG y los desafíos según las necesidades y preferencias individuales de los estudiantes, promoviendo una experiencia más atractiva y efectiva. Además, plataformas de generación de contenido asistido por IA, como GPT-4, facilitan la creación de diálogos y descripciones detalladas dentro de los juegos, lo que permite una inmersión más profunda y realista para los estudiantes. Una de las plataformas más destacadas en este ámbito es *Classcraft*, una plataforma educativa interactiva en la que los alumnos asumen el rol de personajes de fantasía, como Guerrero, Mago y Sacerdote; cada personaje tiene habilidades específicas, y a medida que los jugadores avanzan en el juego, acumulan puntos de experiencia y adquieren más poderes. El enfoque motivacional de Classcraft está firmemente basado en la teoría de la autodeterminación, que busca satisfacer las necesidades de los jugadores de ejercer control, desarrollar competencias y experimentar relaciones sociales. Este tipo de plataformas externas, como los juegos, resultan ser vías importantes para fomentar la motivación intrínseca en los estudiantes (Hernández-Durán et al., 2020). Aunque Classcraft fue inicialmente concebida como una herramienta para niveles educativos básicos y medios, ha sido implementada con éxito a nivel universitario (Botelho, 2021).

A pesar de sus numerosas ventajas, existen varias barreras que pueden desmotivar a los docentes a la hora de implementar un RPG en un curso; entre ellas, la carga de trabajo adicional, ya que desarrollar narrativas y aventuras creativas requiere tiempo y esfuerzo, lo cual puede generar estrés y presiones adicionales, especialmente cuando los docentes ya tienen compromisos con otras actividades académicas, de investigación o administrativas. Además, la implementación exitosa de RPG exige motivación a largo plazo, dado que estas tecnologías requieren tiempo para su comprensión y adaptación, y mantener las expectativas de los estudiantes con narrativas y desafíos nuevos puede resultar agotador y desgastante para los docentes.

Otra preocupación recurrente es la seriedad académica percibida de estos métodos; algunos docentes pueden mostrar resistencia al cambio, especialmente al enfrentarse a la necesidad de utilizar nuevas formas de evaluar el desempeño de los estudiantes de manera justa y precisa dentro de un contexto lúdico. La integración de RPG apoyados por IA puede brindar una forma de zanjar estas barreras al reducir la carga de tiempo y esfuerzo necesario para el desarrollo de estas implementaciones.

Implementación en un curso de bioquímica

Exploramos la integración de un juego de rol asistido por IA, específicamente Classcraft, en un curso de bioquímica para un grupo de 38 estudiantes. Elegimos esta plataforma basándonos en los resultados del "test de Bartle de psicología del jugador" aplicado al grupo (Bartle, s. f.); este reveló que la mayoría de los estudiantes pertenecían a las taxonomías de exploradores (78%) y socializadores (53%). Las "misiones" asignadas a los estudiantes consistieron en tareas y proyectos que reforzaron el contenido del curso, mientras que las "batallas contra jefes" se utilizaron como evaluaciones innovadoras; durante estas batallas, los estudiantes debían enfrentar preguntas de opción múltiple diseñadas para desafiar su comprensión de los conceptos clave del curso.

La implementación de este enfoque durante dos parciales del semestre permitió a los estudiantes no solo aumentar la motivación y el compromiso, sino también mejorar su comprensión de conceptos complejos al proporcionar un contexto relevante y aplicable para su aprendizaje. Al incorporar el uso de ChatGPT en el desarrollo de la narración, se lograron iniciar las misiones y las "batallas contra jefes" con un tono épico y narrativo, que el instructor recitaba antes de comenzar la dinámica, generando un ambiente inmersivo y estimulante para los alumnos (Tabla 1) (OpeIA, 2023).

Tabla 1

Ejemplo de narrativa del juego de rol con implementación de ChatGPT

Introducción a la actividad	¡Bienvenidos, valientes aprendices de la alquimia de la vida! La oscuridad se cierne sobre el reino del Conocimiento y solo vosotros, los alumnos de bioquímica, tenéis el poder de desterrarla. Una sombra ha caído sobre la comprensión de los carbohidratos, ¡y es hora de que emprendáis una misión épica para iluminarla! Vuestra travesía comienza en los húmedos pasillos de la antigua biblioteca, donde los tomos ancestrales murmuran secretos olvidados. Con sabiduría y astucia, os adentráis en los oscuros rincones, enfrentándoos a las trampas de la ignorancia que guardan celosamente el conocimiento perdido. De repente, emergéis en una vasta cámara, iluminada por la luz titilante de cristales mágicos. En el centro, erguido sobre un pedestal de cristal, yace el Tomo del Azúcar. Pero antes de que podáis acercaros, un rugido ensordecedor estremece las paredes y un ser monstruoso se alza ante vosotros: el Titán de la Glicemia, señor de la confusión. Con destreza y valentía, desplegáis vuestros conocimientos recién adquiridos sobre la estructura química de los carbohidratos. Formuláis hechizos de enlaces glucosídicos, lanzáis ataques de mutarrotación y conjuráis la magia de los anillos de Fischer. Cada palabra pronunciada es un golpe contra la oscuridad que envuelve al Titán.
Inicio de las preguntas	El Titán de la Glicemia, furioso por vuestro asalto intelectual, desata su poder oscuro, envolviéndoos en un torbellino de confusión. Pero recordando los principios de la química, resistís con firmeza, protegiendo vuestro conocimiento como un escudo de adamantio.
Conclusión	Finalmente, con un grito estruendoso, el Titán de la Glicemia cae derrotado, dispersándose en un torbellino de sombras disipadas. El Tomo del Azúcar brilla con una luz renovada, y vuestra misión se completa con éxito. Con el poder del conocimiento restaurado, regresáis triunfantes a la academia, dispuestos a compartir vuestro legado con aquellos que ansían la claridad en el vasto océano de la bioquímica. ¡Que vuestra aventura épica inspire a otros a enfrentarse a las sombras del desconocimiento con valor y determinación!

La implementación de Classcraft como herramienta de ludificación en el curso de bioquímica produjo resultados notables en términos de percepciones y logros estudiantiles. La retroalimentación, obtenida a través de una encuesta aplicada a los alumnos al término del curso, mostró una respuesta abrumadoramente positiva hacia esta innovadora metodología pedagógica. El 94% de los estudiantes reportó un aumento significativo en su motivación y un mayor interés por la bioquímica, atribuyendo esta mejora a la naturaleza inmersiva y colaborativa de las dinámicas de juego. El 6% restante comentó que la competición y la comparación constante de su nivel con el de sus compañeros

de equipo no les resultaba agradable. En la Tabla 2, se pueden observar algunos de los comentarios de los alumnos, quienes, a pesar de haber encontrado la metodología algo confusa al inicio, expresaron que tuvo un impacto positivo en su aprendizaje y en la forma de abordar los conceptos bioquímicos. Además, la asignación de roles específicos y la realización de tareas como aventuras permitieron una comprensión más profunda de los conceptos bioquímicos, un logro reflejado en los resultados académicos del grupo. Las "batallas contra jefes", utilizadas como evaluaciones, fueron particularmente elogiadas por los estudiantes; muchos indicaron que estas evaluaciones hacían que los exámenes fueran menos intimidantes y más atractivos, fomentando un ambiente de aprendizaje positivo y activo.

Un efecto interesante de la implementación de Classcraft en el curso de bioquímica fue que, aunque el promedio del grupo no difirió significativamente en comparación con ciclos anteriores, ninguno de los estudiantes requirió una evaluación extraordinaria, ni presentó retraso en la entrega de trabajos y actividades. Este resultado contrasta con ciclos anteriores, en los que entre un 10% y 20% del grupo solía tener actividades incompletas y requerir evaluaciones extraordinarias.

Tabla 2

Comentarios de los alumnos participantes en la dinámica de Classcraft

¿Cuáles fueron sus reacciones iniciales?	"De sorpresa, ya que me di cuenta en que aspectos me faltaba reforzar". "Nervios, pero la verdad es una dinámica que te pone más alerta y tienes que estudiar realmente para estar preparado". "Emoción, me gusta participar en dinámicas donde se compite". "Pues yo nunca le entiendo a los videojuegos, estaba un poco dudosa de si funcionaría para mí". "Al principio pensé cómo debemos de subir de nivel rápido o cómo se juega, pero la dinámica estuvo muy padre, ya que de una manera significativa aumentaron mis conocimientos del 3er parcial de bioquímica y logré aprender más". "Confusión, ya que no sabía cómo se jugaba". "Al principio no entendí cómo iba a ser la dinámica, pero después de varios juegos fue más fácil llevarlo a cabo y también fue divertido". "Buenas, ya que me gustan los videojuegos y te hace ver la escuela de manera diferente".

¿Hubo diferencias significativas entre lo que esperabas y lo que experimentaste?	"Si, pensé que sería un poco aburrido, pero lo de tener poderes es emocionante". "Realmente no sabía cómo funcionaría la dinámica y no tenía expectativas tan altas. Sin embargo, después de realizarla, me di cuenta de que es una buena forma de evaluar mi conocimiento que llevaba hasta el momento". "Al principio me daba mucho miedo, pero fue fácil o divertido aprender". "Sí totalmente, como comenté el juego al inicio no logré entenderlo, pero conforme pasaban las clases de volvió muy divertido y retador". "Muchas, me quedé impactado con lo que un juego podría a ayudarme a estudiar". "Me motivó a estudiar más antes de cada clase para que así pudiera responder correctamente las preguntas del juego". "De primera me motivaba en estudiar previamente para las clases para ganar en el juego y ser la mejor obvio jajaja". "El interés en la materia siempre ha habido, sin embargo, por ser una materia muy amplia puede ser muy aburrida y el uso de Classcraft disminuyó eso".

Conclusión

A través de un análisis crítico de esta experiencia, se destacan varios puntos clave que pueden guiar futuras implementaciones de ludificación en la educación de bioquímica. En primer lugar, la personalización del contenido del juego para alinearlo estrechamente con los objetivos de aprendizaje específicos de la bioquímica fue un factor crítico tanto para el éxito académico como para la satisfacción estudiantil. Sin embargo, se observó un desafío importante: la necesidad de asegurar que todos los estudiantes se involucraran activamente en el proceso. Aunque la mayoría de los estudiantes mostraron motivación, algunos no se comprometieron plenamente con las dinámicas del juego; para abordar esta situación en futuras implementaciones, sería necesario desarrollar estrategias específicas para aumentar la participación de aquellos estudiantes que se muestran menos interesados o que pueden no sentirse cómodos con las mecánicas competitivas o colaborativas del RPG. Asimismo, se identificó la importancia de implementar sistemas de análisis de datos más robustos para evaluar el impacto específico de los diferentes elementos del juego en el aprendizaje y la motivación de los estudiantes, permitiendo ajustes más precisos y basados en evidencia en el diseño del juego.

En conclusión, la experiencia con Classcraft en el curso de bioquímica demuestra el potencial significativo de la ludificación y la IA para enriquecer la educación científica. Sin embargo, el éxito de tales iniciativas depende de una atención cuidadosa a la capacitación docente, el diseño de contenido y la participación estudiantil, así como de mantener un compromiso continuo con la evaluación y la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Referencias

Alejandro, A., Maertens, L., Cheli, Z., Fragnière, A., & Sarrasin, O. (2024). Designing role-play simulations for climate change decision-making: A step-by-step approach to facilitate cooperation between science and policy. *Environmental Science & Policy, 152,* 103650. https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2023.103650

Álvarez, H., & Álvarez, H. (2020). Promoviendo aprendizajes significativos en la enseñanza universitaria de la Historia a través de un juego de roles. *Estudios Pedagógicos (Valdivia), 46*(2), 97–121. https://doi.org/10.4067/S0718-07052020000200097

Anta, E. Z., de Barrón, I. C. O., Isasti, L. M. Z., & Escudero, I. E. (2019). Juego de rol para el desarrollo del pensamiento crítico en la formación inicial del profesorado. *Revista Complutense de Educación, 30*(3), 729–745. https://doi.org/10.5209/RCED.58884

Bartle, R. (s. f.). *Hearts, Clubs, Diamonds, Spades: Players Who Suit MUDs.* https://mud.co.uk/richard/hcds.htm

Botelho, L. (2021). Classcraft: uma plataforma interativa para o ensino virtual. *Hematology, Transfusion and Cell Therapy, 43,* S500. https://doi.org/10.1016/J.HTCT.2021.10.861

Gade, M., Thorup, L., & Sander, M. (2003). *As Larp Grows Up. Theory And Methods in Larp.* Projektgruppen.

Hernández-Durán, N., Torres-Barreto, M. L., & Acuña-Rangel, M. (2020). Classcraft como herramienta gamificada para la enseñanza de Integración de procesos con tecnología informática. *I+D Revista de Investigaciones, 16*(1), 62–74. https://doi.org/10.33304/REVINV.V16N1-2021006

Johnson, R. T., & Johnson, D. W. (2008). Active Learning: Cooperation in the Classroom. *The Annual Report of Educational Psychology in Japan, 47*(0), 29–30. https://doi.org/10.5926/AREPJ1962.47.0_29

Lifshitz-Guinzberg, A., Abreu-Hernández, L. F., Sepúlveda-Vildósola, A. C., Urrutia-Aguilar, M. E., Córdova-Villalobos, J. Á., López-Bárcena, J., Sánchez-Mendiola, M., Lifshitz-Guinzberg, A., Abreu-Hernández, L. F., Sepúlveda-Vildósola, A. C., Urrutia-Aguilar, M. E., Córdova-Villalobos, J. Á., López-Bárcena, J., & Sánchez-Mendiola, M. (2021). Pros y contras de las innovaciones en educación médica. *Gaceta Médica de México, 157*(3), 338–348. https://doi.org/10.24875/GMM.20000688

Luna M., Y. G., Conde A., A. J., & Rincón A., P. E. (2021). Propuesta Didáctica para el Mejoramiento de la Lectura y Escritura: El Juego de Rol en la Virtualidad. *Conocimiento, Investigación y Educación CIE, 1*(11), 31–43. https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/cie/article/view/1052/1067

Miao, F., Holmes, W., Ronghuai, H., & Hui, Z. (2021). *Inteligencia artificial y educación: guía para las personas a cargo de formular políticas.* UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379376

Nejadghanat, S., Neshat, H., Jabraeili, M., & Mousavi, S. (2024). Effect of educational booklet and role-playing on the mothers' knowledge and self-efficacy in newborn pain management: A quasi-experimental study. *Journal of Neonatal Nursing, 30*(2), 171–175. https://doi.org/10.1016/J.JNN.2023.08.005

Pons, L., & de Soto, I. S. (2020). Evaluación de una propuesta de aprendizaje basado en juegos de rol llevada a cabo en la asignatura de Cultura Científica de Bachillerato. *Revista de Estudios y Experiencias En Educación, 19*(39), 123–144. https://doi.org/10.21703/REXE.20201939PONS7

Pouchon, A., Bertrand, A., Polosan, M., & Dondé, C. (2024). Simulation-based teaching of psychiatric interviewing to residents: A comparison of peer-to-peer and teacher role-play on confidence in clinical skills. *L'Encéphale*. https://doi.org/10.1016/J.ENCEP.2023.11.027

Ray, P. P. (2023). ChatGPT: A comprehensive review on background, applications, key challenges, bias, ethics, limitations and future scope. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems, 3,* 121–154. https://doi.org/10.1016/J.IOTCPS.2023.04.003

Simes, T., Cutmore, E., Le Lagadec, D., Bell, T., Bradshaw, J., & Wirihana, L. (2024). Preparing nursing students for clinical placement using synchronous role-play telesimulation: A descriptive survey study. *Nurse Education Today, 132,* 106012. https://doi.org/10.1016/J.NEDT.2023.106012

Topîrceanu, A. (2017). Gamified learning: A role-playing approach to increase student in-class motivation. *Procedia Computer Science, 112,* 41–50. https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2017.08.017

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2023). *ChatGPT e inteligencia artificial en la educación superior: guía de inicio rápido.* UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385146_spa

Winardy, G. C. B., & Septiana, E. (2023). Role, play, and games: Comparison between role-playing games and role-play in education. *Social Sciences & Humanities Open, 8*(1), 100527. https://doi.org/10.1016/J.SSAHO.2023.100527

Witherspoon, M., Pankonien, C. A., Baldwin, J., & Hunter, C. (2023). The impact of a role-play patient simulation on nursing students as measured by the comprehensive state empathy scale. *Teaching and Learning in Nursing, 18*(3), e79–e83. https://doi.org/10.1016/J.TELN.2023.04.016

3 Impacto de la inteligencia artificial en la educación médica: Perspectivas desde una revisión de la literatura

Gener José Avilés Rodríguez @, *José Leonardo Jiménez Ortiz* @
y Jessica Alejandra Loera Gutiérrez @

La formación de los profesionales de la salud en el contexto del siglo XXI

A inicios del milenio, con el propósito de explorar las tendencias en la formación de profesionales de la salud, el estado del arte y priorizar un enfoque hacia el futuro de la capacitación de la fuerza laboral en salud, se formó la comisión global independiente llamada "*Education of Health Professionals for The 21st Century: A Global Independent Commission*" (Frenk et al., 2010). La publicación de los resultados de este grupo de trabajo se ha convertido en un recurso seminal a nivel mundial, proporcionando una base estratégica para el desarrollo de sistemas educativos en ciencias de la salud a nivel global (Frenk et al., 2015).

Es importante recalcar que el objetivo principal de esta fuerza de trabajo fue proyectar los componentes claves en la formación de los profesionales de salud hacia las necesidades de una realidad en constante cambio. En respuesta a estos desafíos, las reformas propuestas por el grupo, y resumidas en la Tabla 1, surgen como una ruta consensuada y global, diseñada para guiar la formación de los profesionales en ciencias de la salud en el nuevo milenio.

Una característica particular de la realidad actual es la ubicuidad de la tecnología en nuestra sociedad, y más recientemente, la popularización de la inteligencia artificial (IA) gracias a los avances en aprendizaje profundo, el uso de modelos masivos de lenguaje y aproximaciones generativas, lo que ha generado una expectativa de impacto en diversas áreas del conocimiento. No obstante, la integración de herramientas de IA en cada campo disciplinario deberá realizarse de manera cuidadosa y sistematizada, teniendo en cuenta el contexto particular de cada disciplina, sus objetivos específicos, así como las implicaciones éticas que conlleva su adopción (Krive et al., 2023).

Tabla 1

Reformas instruccionales propuestas por Frenk et al. (2010) hacia una formación de profesionales de la salud competentes en el siglo XXI

	Propuesta	Herramientas de IA
1	Adopción de currículos basados en competencias	Integrar competencias que respondan a necesidades cambiantes, adaptándose a contextos locales y globales.
2	Promoción de la educación interprofesional y transprofesional	Mejorar colaboraciones interprofesionales y transprofesionales para equipos efectivos y no jerárquicos.
3	Explotación del poder de la tecnología de la información (TI)	Desarrollar capacidades para el aprendizaje a distancia, análisis de datos y conectividad colaborativa mediante TI.
4	Adaptación local con aprovechamiento global de recursos	Utilizar recursos globales para abordar desafíos locales, incluyendo intercambios de facultad y materiales didácticos.
5	Fortalecimiento de recursos educativos	Inversiones en desarrollo del profesorado, materiales didácticos e infraestructura para lograr competencias.
6	Promoción de un nuevo profesionalismo	Desarrollar un conjunto común de actitudes, valores y comportamientos en profesionales de la salud.
7	Establecimiento de mecanismos de planificación conjunta	Involucrar a actores clave en la planificación y armonización de la oferta y demanda de profesionales de salud.
8	Expansión de centros académicos a sistemas académicos	Extender la educación y atención desde escuelas y hospitales a entornos de atención primaria y comunidades.
9	Interconexión a través de redes, alianzas y consorcios	Establecer consorcios que superen limitaciones de recursos, utilizando tecnologías de información y comunicación.
10	Fomento de una cultura de indagación crítica	Promover la movilización de conocimientos científicos y el debate público como función central de las universidades.

El uso de herramientas de IA se presenta tanto como un recurso prometedor para el fortalecimiento del proceso educativo de forma transversal, pero también plantea un área de oportunidad con riesgos latentes (Sánchez, 2024). En este capítulo, nos enfocaremos en la educación en áreas de ciencias de la salud, y en cómo la intersección entre las reformas instruccionales resumidas en la Tabla 1 y la integración responsable de las herramientas de IA puede contribuir a un proceso formativo más robusto y acorde con las necesidades formativas y profesionales contemporáneas.

Desarrollo

Partiendo de las reformas propuestas por Frenk et al. (2010), abordaremos de forma breve algunas de las herramientas de IA que pueden ser útiles en la implementación u optimización de estas reformas, lo cual se puede apreciar de forma resumida en la Tabla 2.

Tabla 2

Herramientas de IA útiles en la implementación u optimización de las reformas propuestas

	Propuesta	Herramientas de IA
1	Adopción de currículos basados en competencias	Competencias incrementales en IA aplicada a la salud, integradas en la currícula a todos los niveles formativos (Charow et al., 2021; Krive et al., 2023).
2	Promoción de la educación interprofesional y transprofesional	Formación interprofesional a través de realidad virtual y herramientas inteligentes afines (Liaw, Ooi et al., 2020; Liaw et al., 2023; Liaw, Wu et al., 2020; Qiao et al., 2021).
3	Explotación del poder de la tecnología de la información (TI)	Algunas tendencias en educación médica apuntan hacia una formación más humanista, orientada en el paciente desde las etapas tempranas, fuera del hospital y hacia la comunidad e integrada a las herramientas tecnológicas. Todos estos componentes ensamblados en la misma proporción y felicitándose unos a otros (Han et al., 2019). Por lo tanto, el objetivo del uso de la tecnología en la formación en ciencias de la salud es el robustecimiento de los otros componentes formativos y no como elemento único y desvinculado.
4	Adaptación local con aprovechamiento global de recursos	Los lenguajes de gran tamaño (LLM, por sus siglas en inglés) se presentan como herramientas robustas para atacar el desafío de la contextualización local de recursos globales, especialmente a nivel de adquisición y revisión de conocimiento (Kung et al., 2023; Safranek et al., 2023).
5	Fortalecimiento de recursos educativos	Para las necesidades de adquisición y revisión de conocimiento, los recursos educativos reportados de uso típico por los estudiantes pueden ser optimizados por LLM, otros algoritmos con capacidades generativas, así como agentes inteligentes (Wynter et al., 2019).
6	Promoción de un nuevo profesionalismo	La integración del profesional de salud para el siglo XXI incluye competencias robustas tanto en los componentes humanos como tecnológicos, así como en la construcción de un nuevo paradigma fuera del hospital. El estado actual del uso de las herramientas de IA no permite una integración fluida entre estos tres componentes, pero aporta de forma individual a cada uno de ellos. Se sugiere dar especial atención a la ética algorítmica de las herramientas a utilizar (Grote & Berens, 2020; Randhawa & Jackson, 2020).
7	Establecimiento de mecanismos de planificación conjunta	La competencia tecnológica en educación médica no se considera más un extra sino un elemento fundamental en la formación a todos los niveles en los profesionales de la salud (Jain et al., 2022).

	Propuesta	Herramientas de IA
8	Expansión de centros académicos a sistemas académicos	El cambio paradigmático del hospital como centro formativo hacia la comunidad, y la atención primaria como epicentro de la formación en ciencias de la salud, debe ir acompañado de herramientas de IA e informática en salud, que prioricen el enfoque en implementación y usabilidad en el día a día; más allá de las investigaciones conceptuales en cómputo. Es importante llevar a los algoritmos a software escalable y utilizable que facilite la atención de los pacientes, así como el trabajo de los profesionales (Liyanage et al., 2019; Mehta et al., 2019; Shah et al., 2019).
9	Interconexión a través de redes, alianzas y consorcios	Para lograr la interconexión entre diferentes sistemas de salud, y permitir así la implementación de alianzas operativas, se debe lograr la interoperabilidad de los sistemas informáticos de cada uno de los actores involucrados. Las herramientas de IA pueden aportar aproximaciones atractivas para resolver el desafío de la interoperabilidad hacia la colaboración integrada de sistemas de salud (Balch et al., 2023; Razzaque & Hamdan, 2021).
10	Fomento de una cultura de indagación crítica	La aproximación desde la Medicina y Práctica Basada en Evidencias (MBE y PBE) es, típicamente, considerada la aproximación preponderante en la cultura formativa en ciencias de la salud. Las herramientas de IA pueden ser integradas en los sistemas tanto de MBE como de PBE. No obstante, múltiples áreas de oportunidad se reconocen en este tema, dentro de ellas los desafíos de explicabilidad, ética algorítmica, responsabilidad legal de las consecuencias de una decisión clínica tomada por un agente sintético inteligente, así como la falta o mínima regulación legal para la implementación de estas herramientas (Čartolovni et al., 2022).

Nota. Reformas instruccionales propuestas por Frenk et al. (2010) pareadas con herramientas y conceptos alrededor de la IA que pueden aportar al cumplimiento de cada una de las propuestas. Con el objetivo de ser utilizadas como conceptos guiadores por involucrados en el proceso educativo en ciencias de la salud.

El enfoque de esta sección se inspira de manera general en las propuestas previamente mencionadas, con un énfasis intencional tanto en los métodos como en las herramientas, con el objetivo de destacar las aproximaciones de IA desde sus definiciones teóricas, evitando resaltar las herramientas comerciales que, con el tiempo, podrían cambiar o limitar su adopción por parte de los docentes.

Por lo anterior, es necesario referirnos en primera instancia a la adopción de currículos basados en competencias, los cuales han comenzado a integrar competencias de IA pertinentes para los clínicos (Charow et al., 2021; Krive et al., 2023). La Tabla 3 resume

una propuesta de conceptos para el proceso formativo en pregrado, posgrado y educación continua de los profesionales de ciencias de la salud, destacando los temas de IA relevantes para la práctica clínica. Asimismo, se puede observar cómo el arreglo de conceptos y su profundidad son incrementales, desde los conceptos básicos hasta los más avanzados, culminando en la actualización constante típica de la *educación médica continua*. Cada etapa formativa ofrece desafíos específicos que deben abordarse, comenzando con la capacitación del personal docente, que estará encargado de impartir estos contenidos que son, por naturaleza, híbridos. Se necesitan competencias tanto clínicas como en IA para lograr la integración necesaria para potenciar la formación apropiada a los distintos niveles, especialmente desde el paradigma basado en competencias.

Tabla 3

Propuesta de contenidos relacionados con IA para profesionales de ciencias de la salud

Pregrado	Posgrado	Educación médica continua
· Terminología de IA · Fundamentos de aprendizaje automatizado y ciencias de datos · Capacidades de IA · Equidad · Estrategias de colaboración multidisciplinaria	· Ética algorítmica y aspectos legales · Validación y evaluación · de modelos · Aplicaciones de IA a la práctica · Despliegue de modelos	· Discusiones sobre las implicaciones éticas e impacto social de las herramientas de IA · Implicaciones económicas · Enseñanza de currículo relacionado con IA · Adquisición de conocimiento y competencias nuevas relacionadas con IA

Nota. Elaborado con base en Charow et al. (2021).

En segundo lugar, es importante destacar que la promoción de la educación interprofesional y transprofesional ha comenzado a hacer uso de las tecnologías de la información y de la IA. Esto se logra mediante la implementación de estrategias de simulación para la formación de estudiantes de diversas disciplinas dentro de las ciencias de la salud. En particular, la realidad virtual ha demostrado ser una herramienta valiosa para este fin (Qiao et al., 2021). Ahora, se habla de la simulación virtual interprofesional, un enfoque que permite a los estudiantes de distintas disciplinas trabajar juntos en la atención clínica a uno o varios pacientes con particularidades específicas; este método promueve la integración multidisciplinaria al permitir que los estudiantes desarrollen competencias clínicas colaborativas, que posteriormente pueden ser reproducidas en la etapa profesional (Liaw, Ooi, et al., 2020; Liaw, Wu, et al., 2020). Una ventaja adicional de estas herramientas es la optimización de recursos, ya que las interacciones entre los

estudiantes pueden realizarse de manera virtual, sin que esto disminuya la capacidad formativa en la construcción de competencias interprofesionales (Liaw, Ooi et al., 2020; Liaw et al., 2023).

En tercer lugar, la adaptación local con aprovechamiento global de los recursos debe entenderse en el contexto de la realidad actual, donde el acceso a una vasta cantidad de información y herramientas es una ventaja considerable para el estudio de las profesiones de ciencias de la salud; no obstante, muchos de estos recursos se encuentran en idiomas distintos al español o están diseñados para sistemas de salud muy diferentes al mexicano. Con la llegada de los lenguajes de gran tamaño (LLM), esta brecha de lenguaje y la dificultad en la aplicación del conocimiento a diferentes sistemas de salud parecen estar disminuyendo. Hoy tenemos evidencia de que ChatGPT (un LLM entrenado por la fundación OpenAI) es capaz de pasar el *United States Medical Licencing Examination* (USMLE) sin entrenamiento específico adicional, lo que muestra su potencial en el ámbito de la formación médica (Kung et al., 2023). Las implicaciones de esto para la enseñanza de las ciencias de la salud son atractivas e interesantes, ya que este modelo en particular tiene la capacidad de interactuar en múltiples idiomas utilizando el mismo contenido, abriendo la posibilidad de utilizar LLM para ayudar en los esfuerzos de adaptación local de contenidos estandarizados a nivel mundial (Thirunavukarasu et al., 2023). Algunos ejemplos de casos de uso incluyen casos clínicos simulados de diagnóstico diferencial, prácticas interactivas a través de casos clínicos, preguntas de opción múltiple con la posibilidad de revisión, propuesta de respuestas definitivas a preguntas ambiguas, entre otros (Safranek et al., 2023).

Por último, para el fortalecimiento de los recursos educativos, se debe incorporar una visión que parta de la experiencia de los estudiantes en formación (Kerschbaumer et al., 2022). En la actualidad, existe una tendencia en la población estudiantil a construir su conocimiento a partir de la adquisición de nuevos elementos y la revisión de conocimientos previamente adquiridos. Para cada uno de los diferentes momentos, distintos recursos educativos se reportan como preferidos. La Tabla 4 nos muestra otra aproximación a hallazgos similares.

Conclusión

Los conceptos y tendencias subrayados previamente sugieren que la inteligencia artificial (IA) tiene el potencial de contribuir al enriquecimiento de los recursos educativos en la formación de profesionales en ciencias de la salud. Un ámbito particularmente notable de aplicación es el uso de algoritmos de IA generativa, que están habilitados para crear casos sintéticos en diversas especialidades dentro de las ciencias de la salud, tales

Tabla 4

Recursos educativos preferidos por estudiantes para cumplir los objetivos de adquisición o revisión de conocimientos

Adquisición	Revisión
· Asistir a clases presenciales · Asistir a clases virtuales sincrónicas o asincrónicas · Consulta de literatura médica · Ver tutoriales en línea · Tutorías en grupos pequeños	· Uso de bancos de pregunta en línea o descargados · Uso de material interactivo en línea · Ver tutoriales en línea · Repaso por tutorías en grupos pequeños

Nota. Elaborado con base en Wynter et al. (2019).

como imagenología médica, aprendizaje autodirigido, escenarios de simulación clínica y asistencia en la elaboración de notas médicas (Preiksaitis & Rose, 2023). Sin embargo, la adopción de estas herramientas también presenta desafíos significativos, entre ellos se encuentran la integridad académica, la precisión de los datos y los obstáculos en las fases iniciales del aprendizaje (Karabacak et al., 2023).

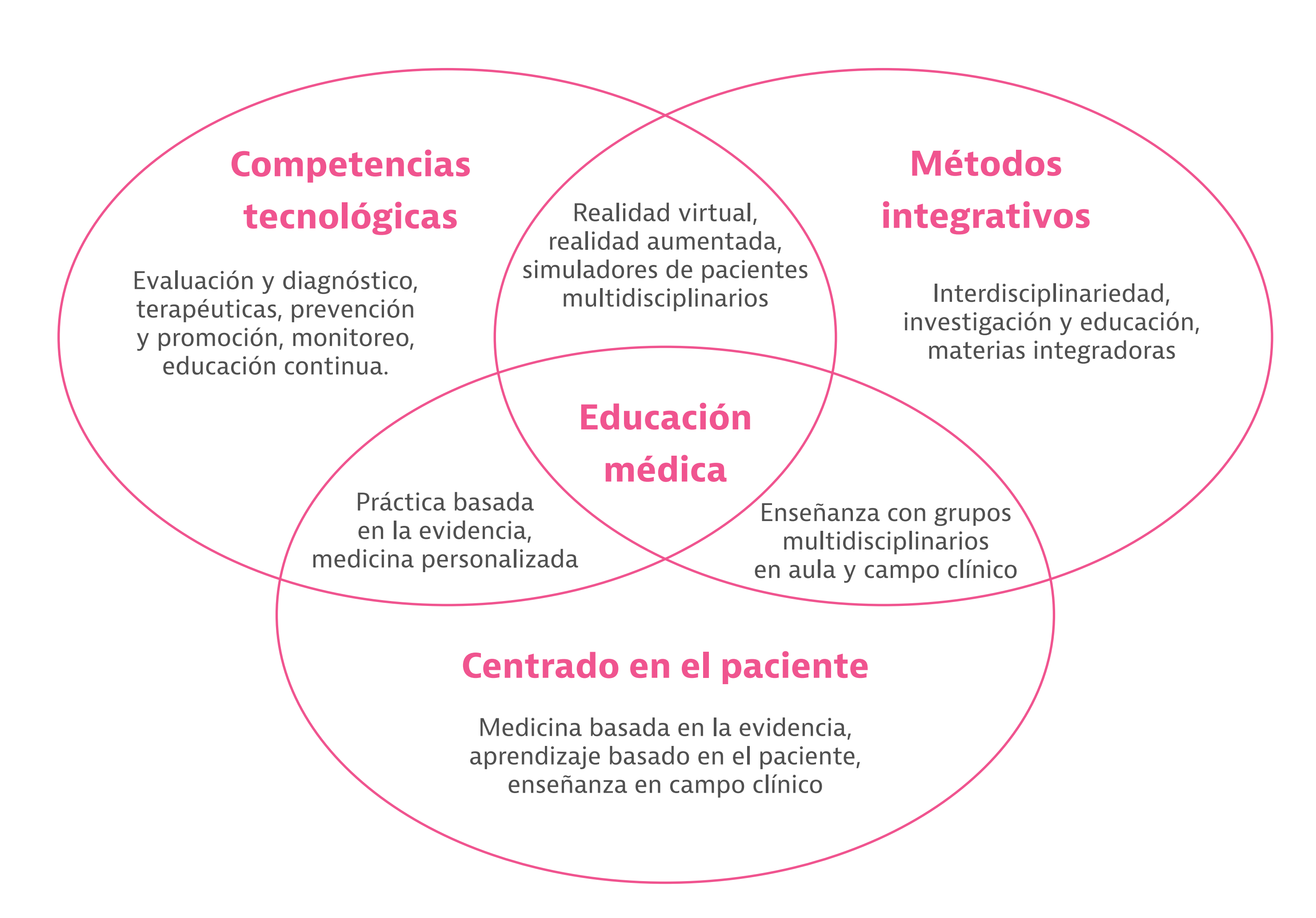
La permanencia de la IA en el entorno educativo implica una valoración de cómo sus herramientas pueden favorecer el desarrollo de conocimientos, tanto en futuros profesionales de la salud como en los formadores. Es crucial que se adopte un enfoque ético en el uso de la IA, asegurando que estas herramientas no se perciban simplemente como una ventaja tecnológica, sino como un medio efectivo para el desarrollo de competencias fundamentales. Por lo tanto, este enfoque debe incluir la creación de estrategias pedagógicas que integren conceptos de ética algorítmica y estén dirigidas a desarrollar habilidades específicas que preparen a los estudiantes para un mundo donde la ubicuidad de la tecnología es una constante.

Las tendencias actuales en la educación médica apuntan a una transición hacia enfoques pedagógicos que enfatizan la integración, el avance tecnológico y una orientación centrada en el paciente; esta evolución resalta la necesidad imperativa de adaptar los currículos y los métodos de enseñanza para enfrentar de manera efectiva los retos que plantea el siglo XXI. En este contexto, la formación de los futuros profesionales de la salud debe estar alineada con estas tendencias, preparándolos no solo para ser competentes en sus áreas de especialización, sino también para ser profundamente humanos, capaces de trabajar de manera interprofesional y dotados de habilidades tecnológicas avanzadas que puedan aplicar de manera práctica en su entorno laboral (Masters, 2019; Swanwick et al., 2018).

Para alcanzar estos objetivos, es esencial que los futuros profesionales de la salud se formen en instituciones que posean los recursos adecuados y un ambiente propicio para el desarrollo de estas competencias. Esto implica no solo acceso a tecnología de vanguardia y oportunidades de aprendizaje práctico, sino también un enfoque pedagógico que fomente el desarrollo personal y profesional, la reflexión crítica y la ética en la práctica médica, como lo muestra la integración de conceptos en la Figura 1. Las instituciones educativas deben, por tanto, comprometerse a crear un entorno de aprendizaje que no solo respalde la adquisición de habilidades técnicas avanzadas, sino que también cultive el crecimiento humano de los futuros profesionales. Esto significa formar a los estudiantes para que sean capaces de enfrentar con confianza y competencia los desafíos de la medicina moderna, al mismo tiempo que mantienen un compromiso inquebrantable con los principios de cuidado y empatía que son fundamentales para la profesión.

Figura 1

Integración conceptual de las ideas presentadas en este capítulo



Nota. Los elementos fundamentales hacia el futuro de la educación médica se resumen en los componentes de formación centrada en el paciente, los métodos integrativos de formación y las competencias tecnológicas indispensables. La riqueza formativa surge al intersecar los tres pilares.

Referencias

Balch, J. A., Ruppert, M. M., Loftus, T. J., Guan, Z., Ren, Y., Upchurch, G. R., Ozrazgat-Baslanti, T., Rashidi, P., & Bihorac, A. (2023). Machine Learning–Enabled Clinical Information Systems Using Fast Healthcare Interoperability Resources Data Standards: Scoping Review. *JMIR Medical Informatics, 11,* e48297–e48297. https://doi.org/10.2196/48297

Čartolovni, A., Tomičić, A., & Lazić, E. (2022). Ethical, legal, and social considerations of AI-based medical decision-support tools: A scoping review. *International Journal of Medical Informatics, 161,* 104738. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2022.104738

Charow, R., Jeyakumar, T., Younus, S., Dolatabadi, E., Salhia, M., Al-Mouaswas, D., Anderson, M., Balakumar, S., Clare, M., Dhalla, A., Gillan, C., Haghzare, S., Jackson, E., Lalani, N., Mattson, J., Peteanu, W., Tripp, T., Waldorf, J., Williams, S., … Wiljer, D. (2021). Artificial Intelligence Education Programs for Health Care Professionals: Scoping Review. *JMIR Medical Education, 7*(4), e31043. https://doi.org/10.2196/31043

Frenk, J., Chen, L., Bhutta, Z. A., Cohen, J., Crisp, N., Evans, T., Fineberg, H., García, P., Ke, Y., Kelley, P., Kistnasamy, B., Meleis, A., Naylor, D., Pablos-Mendez, A., Reddy, S., Scrimshaw, S., Sepúlveda, J., Serwadda, D., & Zurayk, H. (2010). Health professionals for a new century: Transforming education to strengthen health systems in an interdependent world. *The Lancet, 376*(9756), 1923–1958. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)61854-5

Frenk, J., Chen, L., Bhutta, Z. A., Cohen, J., Crisp, N., Evans, T., Fineberg, H., García, P. J., Ke, Y., Kelley, P., Kistnasamy, B., Meleis, A., Naylor, D., Pablos-Méndez, A., Reddy, S., Scrimshaw, S., Sepúlveda, J., Serwadda, D., & Zurayk, H. (2015). Profesionales de la salud para el nuevo siglo: Transformando la educación para fortalecer los sistemas de salud en un mundo interdependiente. *Educación Médica, 16*(1), 9–16. https://doi.org/10.1016/j.edumed.2015.04.011

Grote, T., & Berens, P. (2020). On the ethics of algorithmic decision-making in healthcare. *Journal of Medical Ethics, 46*(3), 205–211. https://doi.org/10.1136/medethics-2019-105586

Han, E.-R., Yeo, S., Kim, M.-J., Lee, Y.-H., Park, K.-H., & Roh, H. (2019). Medical education trends for future physicians in the era of advanced technology and artificial intelligence: An integrative review. *BMC Medical Education, 19*(1), 460. https://doi.org/10.1186/s12909-019-1891-5

Jain, S., Jain, B. K., Jain, P. K., & Marwaha, V. (2022). "Technology Proficiency" in Medical Education: Worthiness for Worldwide Wonderful Competency and Sophistication. *Advances in Medical Education and Practice, 13,* 1497–1514. https://doi.org/10.2147/AMEP.S378917

Kerschbaumer, S., Meier, M., & Rehatschek, H. (2022). Efficacy of Training Conditions and Methods for medical Students – A large Sample qualitative longitudinal Study. En M. E. Auer, H. Hortsch, O. Michler, & T. Köhler (Eds.), *Mobility for Smart Cities and Regional Development—Challenges for Higher Education* (Vol. 390, pp. 3–14). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-93907-6_1

Krive, J., Isola, M., Chang, L., Patel, T., Anderson, M., & Sreedhar, R. (2023). Grounded in reality: Artificial intelligence in medical education. *JAMIA Open, 6*(2), ooad037. https://doi.org/10.1093/jamiaopen/ooad037

Kung, T. H., Cheatham, M., Medenilla, A., Sillos, C., De Leon, L., Elepaño, C., Madriaga, M., Aggabao, R., Diaz-Candido, G., Maningo, J., & Tseng, V. (2023). Performance of ChatGPT on USMLE: Potential for AI-assisted medical education using large language models. *PLOS Digital Health, 2*(2), e0000198. https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000198

Liaw, S. Y., Ooi, S. W., Rusli, K. D. B., Lau, T. C., Tam, W. W. S., & Chua, W. L. (2020). Nurse-Physician Communication Team Training in Virtual Reality Versus Live Simulations: Randomized Controlled Trial on Team Communication and Teamwork Attitudes. *Journal of Medical Internet Research, 22*(4), e17279. https://doi.org/10.2196/17279

Liaw, S. Y., Tan, J. Z., Lim, S., Zhou, W., Yap, J., Ratan, R., Ooi, S. L., Wong, S. J., Seah, B., & Chua, W. L. (2023). Artificial intelligence in virtual reality simulation for interprofessional communication training: Mixed method study. *Nurse Education Today, 122,* 105718. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2023.105718

Liaw, S. Y., Wu, L. T., Soh, S. L. H., Ringsted, C., Lau, T. C., & Lim, W. S. (2020). Virtual Reality Simulation in Interprofessional Round Training for Health Care Students: A Qualitative Evaluation Study. *Clinical Simulation in Nursing, 45,* 42–46. https://doi.org/10.1016/j.ecns.2020.03.013

Liyanage, H., Liaw, S.-T., Jonnagaddala, J., Schreiber, R., Kuziemsky, C., Terry, A. L., & De Lusignan, S. (2019). Artificial Intelligence in Primary Health Care: Perceptions, Issues, and Challenges: Primary Health Care Informatics Working Group Contribution to the Yearbook of Medical Informatics 2019. *Yearbook of Medical Informatics, 28*(01), 041–046. https://doi.org/10.1055/s-0039-1677901

Masters, K. (2019). Artificial intelligence in medical education. *Medical Teacher, 41*(9), 976–980. https://doi.org/10.1080/0142159X.2019.1595557

Mehta, N., Pandit, A., & Shukla, S. (2019). Transforming healthcare with big data analytics and artificial intelligence: A systematic mapping study. *Journal of Biomedical Informatics, 100*, 103311. https://doi.org/10.1016/j.jbi.2019.103311

Preiksaitis, C., & Rose, C. (2023). Opportunities, Challenges, and Future Directions of Generative Artificial Intelligence in Medical Education: Scoping Review. *JMIR Medical Education, 9,* e48785. https://doi.org/10.2196/48785

Qiao, J., Xu, J., Li, L., & Ouyang, Y.-Q. (2021). The integration of immersive virtual reality simulation in interprofessional education: A scoping review. *Nurse Education Today, 98,* 104773. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2021.104773

Randhawa, G. K., & Jackson, M. (2020). The role of artificial intelligence in learning and professional development for healthcare professionals. *Healthcare Management Forum, 33*(1), 19–24. https://doi.org/10.1177/0840470419869032

Razzaque, A., & Hamdan, A. (2021). Artificial Intelligence Based Multinational Corporate Model for EHR Interoperability on an E-Health Platform. En A. E. Hassanien, R. Bhatnagar, & A. Darwish (Eds.), *Artificial Intelligence for Sustainable Development: Theory, Practice and Future Applications* (Vol. 912, pp. 71–81). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51920-9_5

Safranek, C. W., Sidamon-Eristoff, A. E., Gilson, A., & Chartash, D. (2023). The Role of Large Language Models in Medical Education: Applications and Implications. *JMIR Medical Education, 9,* e50945. https://doi.org/10.2196/50945

Sánchez, M. (2024). El lado oscuro de la inteligencia artificial generativa en educación médica: ¿Debemos preocuparnos? *Investigación en Educación Médica, 13*(49), 5–8. https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2024.49.23579

Shah, P., Kendall, F., Khozin, S., Goosen, R., Hu, J., Laramie, J., Ringel, M., & Schork, N. (2019). Artificial intelligence and machine learning in clinical development: A translational perspective. *Npj Digital Medicine, 2*(1), 69. https://doi.org/10.1038/s41746-019-0148-3

Swanwick, T., Forrest, K., O'Brien, B. C., & Association for the Study of Medical Education (Eds.). (2018). *Understanding medical education: Evidence, theory and practice* (3rd edition). Wiley-Blackwell.

Thirunavukarasu, A. J., Ting, D. S. J., Elangovan, K., Gutierrez, L., Tan, T. F., & Ting, D. S. W. (2023). Large language models in medicine. *Nature Medicine, 29*(8), 1930–1940. https://doi.org/10.1038/s41591-023-02448-8

Wynter, L., Burgess, A., Kalman, E., Heron, J. E., & Bleasel, J. (2019). Medical students: What educational resources are they using? *BMC Medical Education, 19*(1), 36. https://doi.org/10.1186/s12909-019-1462-9

4 Integrando la inteligencia artificial en la formación de enfermería: Un enfoque educativo avanzado

Luisa Carolina Rosas Hernández @, Michel Astorga Portugal @
y Gener José Avilés Rodríguez @

En el contexto dinámico de la educación superior, la enfermería se encuentra en la vanguardia de la adopción de tecnologías emergentes, con un énfasis particular en la integración de la inteligencia artificial (IA) para potenciar la formación académica. En este capítulo se exploran de manera descriptiva los avances y desafíos asociados a la implementación de la IA en el proceso educativo de enfermería, presentando un enfoque educativo avanzado que busca transformar la manera en que los estudiantes se preparan para los desafíos contemporáneos en salud.

La integración de la IA en la formación de enfermería ofrece un cambio de paradigma al permitir a los estudiantes acceder a herramientas y recursos de aprendizaje más sofisticados. A través de simulaciones de prácticas clínicas y diagnósticos asistidos por IA, los estudiantes de enfermería pueden experimentar situaciones de la vida real en un entorno virtual controlado, lo que mejora sus habilidades prácticas y su toma de decisiones. La IA también facilita el acceso a vastas bases de datos médicas, permitiendo a los estudiantes explorar casos clínicos, implementar investigaciones y mantenerse actualizados con las últimas tendencias en cuidado de la salud.

El enfoque educativo avanzado propuesto en este capítulo no solo destaca las oportunidades que la IA brinda a la formación de enfermería, sino que también aborda los desafíos éticos y de implementación. Se examinan críticamente las preocupaciones relacionadas con la privacidad del paciente, la confidencialidad y la necesidad de una supervisión humana en la toma de decisiones clínicas. Además, se presentan estrategias para superar las barreras técnicas y educativas, garantizando una adopción exitosa de la IA en el ámbito académico de la enfermería.

A medida que avanzamos hacia un futuro digital, la enfermería debe abrazar las oportunidades que la IA ofrece para mejorar la calidad de la formación estudiantil y, en última instancia, la atención al paciente. Este capítulo aboga por un enfoque educativo avanzado que sitúa a la IA en el centro del proceso formativo, aprovechando su potencial para preparar a los estudiantes de enfermería para un entorno de atención médica en constante evolución. Al hacerlo, se establece un nuevo estándar para la formación académica en enfermería, posicionando a los profesionales de la salud para enfrentar los desafíos del siglo XXI con confianza y competencia.

Antecedentes

La integración de herramientas de IA en la formación y práctica profesional de la enfermería se ha convertido en un campo de interés creciente. Profesionales de ambos dominios —enfermería e inteligencia artificial— están trabajando en conjunto para lograr una incorporación efectiva de estas tecnologías en las prácticas actuales. Este desafío demanda una colaboración multidisciplinaria que involucra a expertos en ética biomédica, inteligencia artificial aplicada a la atención primaria, cuestiones legales pertinentes, educadores especializados en enfermería y empleadores, entre otros actores clave. En este contexto, el trabajo de Ronquillo et al. (2021) sugiere estrategias fundamentales para facilitar una adopción de la IA en la enfermería que sea tanto segura como efectiva.

Dado el contexto previo, es crucial fomentar un entendimiento profundo entre los profesionales del ámbito sobre la interacción entre los datos recabados durante su práctica y el funcionamiento de las herramientas de IA. La propuesta de diseñar un currículo que integre competencias esenciales en IA, dirigido tanto a la formación inicial como a la educación continua del profesional de enfermería, emerge como una solución estratégica para superar las deficiencias en el conocimiento sobre esta tecnología. Tal currículo aspira a equipar a estos profesionales con el entendimiento necesario para aprovechar efectivamente las posibilidades que la IA ofrece, cerrando así la brecha existente en este campo (Mejías et al., 2022).

La participación del profesional de enfermería en todas las fases de desarrollo e implementación de la IA se subraya como un factor crucial para el éxito de su integración en la práctica. Este enfoque garantiza que las aplicaciones de IA sean pertinentes a las necesidades clínicas y contribuyan a mejorar la calidad de la atención al paciente, asegurando que las soluciones desarrolladas estén alineadas con las exigencias del entorno clínico (Senthilkumar et al., 2023).

Adicionalmente, la iniciativa "IA para una buena enfermería" (AI4GN) propone un uso de la IA que trasciende la búsqueda de eficiencia, apuntando a fortalecer la práctica

de la enfermería en pro de objetivos más amplios como la mejora de la salud global y el apoyo a esfuerzos humanitarios. Asimismo, enfatiza la importancia de la educación de pacientes y familias en temas de alfabetización digital y privacidad de datos, aspectos cruciales en el manejo de herramientas de IA dentro del ámbito de la salud (Ronquillo et al., 2021).

En el ámbito de la enfermería, la integración de la IA, particularmente a través de herramientas de aprendizaje automático, está cobrando relevancia, con una marcada preferencia de investigación en entornos hospitalarios, seguido por la atención domiciliaria. Las residencias de ancianos y la atención ambulatoria a largo plazo, sin embargo, han sido menos estudiadas (Mehdipour, 2019).

Se identifica una insuficiente exploración de los requisitos, barreras y aspectos éticos, legales y sociales en la implementación de la IA en la enfermería, lo que resalta la necesidad de más estudios que aborden estos factores críticos y evalúen la efectividad de las soluciones de IA en contextos reales de atención (Abuzaid et al., 2022). Este enfoque podría guiar a los responsables de políticas y financiación a considerar prioridades específicas para futuras subvenciones y programas, subrayando la necesidad de capacitación y educación ampliada en IA para enfermeros y cuidadores (Rony et al., 2024).

IA Educación (enfermería)

De acuerdo con el Objetivo 4 "Educación de Calidad" de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la meta para el año 2023 es aumentar el número de jóvenes y adultos que posean las competencias necesarias para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento. Uno de los indicadores clave para lograr este objetivo es proporcionar a jóvenes y adultos competencias en tecnologías (Naciones Unidas, 2018).

En México, el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024 establece como prioridad promover la investigación científica y tecnológica, apoyando a estudiantes y académicos para impulsar el desarrollo del país (Presidencia de la República, 2019). De manera complementaria, el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2024 subraya, en su objetivo prioritario 3, la necesidad de "articular a los sectores científico, público, privado y social en la producción de conocimiento humanístico, científico y tecnológico, para solucionar problemas prioritarios del país "(Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [Conacyt], 2021).

Desde un enfoque formativo avanzado, Ronquillo et al. (2021) recomiendan que los programas de educación en enfermería integren el uso de entornos virtuales o simulaciones que reflejen estudios de casos reales para estudiar las implicaciones de la IA. Estos programas deben centrarse en la prestación de atención relacional y centrada en

el paciente, aprovechando las tecnologías de IA como herramientas complementarias en el cuidado de la salud.

Según Senthilkumar et al. (2023), a pesar de las numerosas ventajas que ofrece la IA, todavía existen dificultades que deben superarse; entre ellas, se encuentran los posibles desafíos laborales, las preocupaciones éticas y legales —particularmente en relación con la privacidad de los datos—, el desplazamiento laboral y la necesidad de capacitación y educación continuas para que los profesionales puedan mantenerse al día con el ecosistema de IA, que cambia rápidamente.

Metodología

Revisión bibliográfica

Se revisó la literatura sobre la integración de la IA en la enfermería, con el fin de comprender los marcos teóricos y los avances previos en la educación de enfermería, así como de identificar los desafíos y oportunidades asociadas con esta implementación. Esta revisión incluyó el análisis de los documentos de la ONU y el PND en México, que proporcionan un contexto tanto global como nacional sobre la importancia de desarrollar competencias tecnológicas en los profesionales de la salud y la promoción de la investigación científica y tecnológica.

Desarrollo y prueba de un chatbot

Se llevó a cabo el desarrollo e implementación de un *chatbot* o sistema de IA prototipo diseñado específicamente para el servicio de vacunación. Además, se realizaron pruebas piloto con el fin de evaluar la eficacia y la aceptación del chatbot por parte de los usuarios.

Hipótesis

- *Hipótesis 1.* Se espera que la implementación del chatbot en el servicio de vacunación mejore la eficiencia y la accesibilidad de la atención al paciente, facilitando la obtención de información y orientación sobre vacunas en un 70% de los usuarios atendidos para el año 2023.
- *Hipótesis 2.* Se anticipa que el chatbot en el servicio de vacunación contribuirá a una mayor satisfacción del paciente, reduciendo el tiempo de espera y proporcionando respuestas precisas y personalizadas a las preguntas frecuentes en al menos un 80% de los casos atendidos para el año 2024.

Desde el enfoque comunitario y en el contexto de los niveles de atención en las unidades de salud, el primer nivel de atención se destaca por ser el más cercano a la

población, actuando como el nivel de primer contacto entre los servicios de salud y la comunidad. Este nivel se enfoca en ofrecer una atención integral y accesible, abarcando acciones que comprenden la promoción de la salud, la educación para la salud, y la protección específica de la salud (Vignolo et al., 2011).

En este contexto, se propone la incorporación de la IA en el primer nivel de atención, con un enfoque específico en la protección contra enfermedades prevenibles por vacunación (EPV). La propuesta se centra en la difusión del esquema de vacunación (EV) para niños de 0 a 9 años, utilizando chatbots informáticos en plataformas de gran alcance, como *Facebook*. Estos chatbots tienen como objetivo principal establecer conversaciones coherentes y útiles con los usuarios (Espinosa et al., 2018).

Estas estrategias han sido implementadas recientemente en una unidad médica de segundo nivel en Ensenada, Baja California, desde junio de 2023. Esta unidad ha utilizado una página en la red social Facebook para la difusión de los servicios de vacunación, apoyándose en chatbots. Aunque la implementación es aún reciente, ha permitido un acercamiento inicial a los beneficios y al impacto en las coberturas de vacunación en este grupo de edad.

Resultados

En la Tabla 1, se muestran los contactos totales, contactos nuevos y conversaciones con mensajes iniciados como resultado de la implementación de IA con chatbots en una página de la red social Facebook destinada a la difusión de los servicios de vacunación en una unidad médica de segundo nivel en Ensenada, Baja California.

Tabla 1

Contactos totales, contactos nuevos y conversaciones con mensajes iniciados, chatbots (Facebook), junio 2023 a febrero 2024

Contactos totales	Contactos nuevos	Conversaciones con mensajes iniciados
38	40	44

En la Tabla 2, se muestra el porcentaje de coberturas de vacunación por tipo de biológico durante el periodo de enero a diciembre del 2023. De acuerdo con el *Lineamiento General de Vacunación 2024*, el objetivo es alcanzar y mantener el 95% de cobertura de vacunación por entidad federativa con cada uno de los biológicos del Programa de Vacunación Universal (Secretaría de Salud [SSA], 2024).

Tabla 2

Porcentaje (%) de coberturas de vacunación por tipo de biológico (enero-diciembre, 2023)

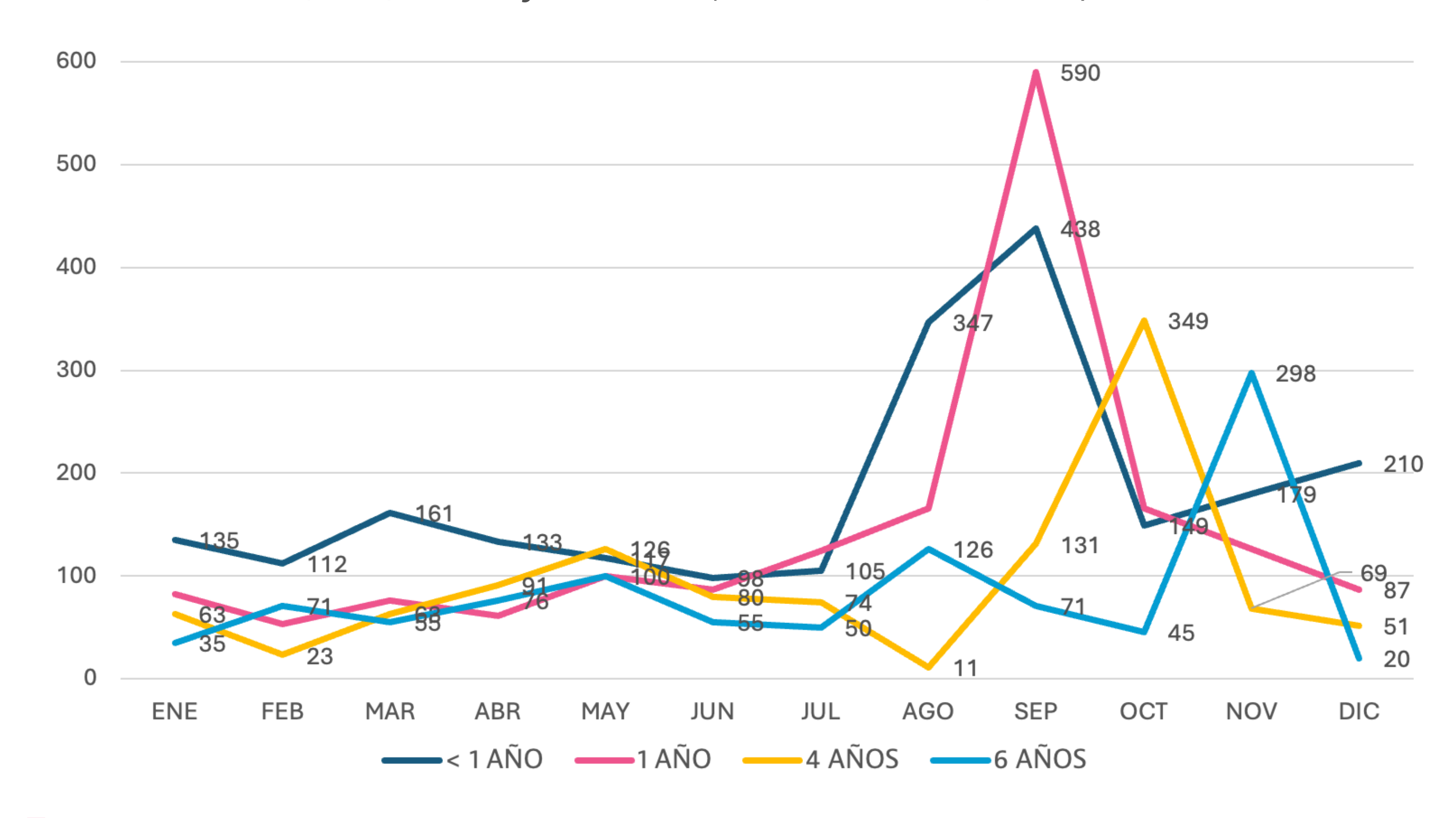
Biológico	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
BCG	100	100	210	90	0	130	0	0	1430	230	290	310
Hepatitis B	40	27	53	20	60	37	60	437	63	50	70	33
Hexavalente	116	82	108	100	112	80	72	102	88	168	98	138
Rotavirus	182	112	118	124	129	88	76	112	118	288	171	195
Neumocócica	43	82	161	120	147	73	97	157	150	257	157	173
SRP	40	65	73	78	98	75	80	145	103	108	208	58
DPT	55	20	55	80	110	70	65	10	115	305	60	45

Nota. BCG = vacuna contra la tuberculosis; DPT = vacuna triple bacteriana (Difteria, Tosferina y Tétanos); SRP = vacuna triple viral.

En la Figura 1, se muestran las coberturas de vacunación en el esquema completo para niñas y niños menores de un año, uno, cuatro y seis años, correspondientes a una unidad médica de Ensenada, Baja California, durante el periodo de enero a diciembre del 2023. De acuerdo con la SSA (2024), el objetivo es alcanzar y mantener el 90% de cobertura de vacunación en el esquema completo para niñas y niños de estas edades, por cada entidad federativa.

Figura 1

Porcentaje de coberturas de vacunación en el esquema completo para niñas y niños menores de un año, uno, cuatro y seis años (enero-diciembre, 2023)



La Tabla 3 muestra el esquema de vacunación en niños y niñas de 0 a 9 años, de acuerdo con la SSA (2024).

Tabla 3

Esquema de vacunación en niños y niñas de 0 a 9 años

Edad	Vacunas
2 meses	Hexavalente Rotavirus Neumocócica conjugada
4 meses	Hexavalente Rotavirus Neumocócica conjugada
6 meses	Hexavalente Influenza
1 año	Triple viral (SRP) Neumocócica conjugada Influenza Hepatitis A
1 año y medio	Hexavalente Influenza Triple viral (SRP)
2 años	Influenza
3 años 6 meses	Difteria, Tosferina y Tétanos (DPT) Influenza
4 años	Influenza
6 años	Triple viral (SRP) Influenza

Conclusiones

La integración de la IA en la formación y práctica de enfermería es una oportunidad para mejorar la calidad y eficiencia de la atención médica y prepara a los estudiantes para los desafíos contemporáneos en salud.

Por su parte, la implementación de la IA en el servicio de vacunación ha demostrado un impacto significativo en la cobertura de vacunación, como se evidencia en la Figura 1 y Tabla 2. Se observa un incremento exponencial en las coberturas de vacunación, especialmente notable en el mes de julio, coincidiendo con la implementación de la IA. Aunque hubo un ligero descenso en octubre, los niveles de cobertura permanecieron por

encima de los registrados antes de la aplicación de la IA. Es importante destacar que, a pesar de la variabilidad mensual en las coberturas, el porcentaje de cobertura general aumentó considerablemente, alcanzando hasta un 590% en vacunación en niños de un año, con un mínimo del 87% en diciembre. Antes de la implementación de la IA, la cobertura mínima para niños de un año era del 35%, lo que demuestra una mejora significativa en el acceso a la vacunación.

Estos resultados sugieren que la IA ha contribuido de manera efectiva a la mejora de la cobertura de vacunación, acercándose al objetivo del 90% de cobertura de vacunación en el esquema completo para niños menores de un año, uno, cuatro y seis años, según el *Lineamiento General de Vacunación* (SSA, 2024).

Aunque la implementación de la IA en enfermería presenta oportunidades emocionantes, también plantea desafíos éticos, legales y de capacitación que deben abordarse de manera integral para garantizar una integración exitosa y ética de la tecnología en la práctica clínica y la educación en enfermería.

En resumen, la integración de la IA en la enfermería ofrece un enfoque educativo avanzado que puede transformar la forma en que los estudiantes se preparan y cómo se brinda la atención médica en el futuro. Sin embargo, esta integración requiere una consideración cuidadosa de sus implicaciones éticas, sus desafíos técnicos y las necesidades de formación continua para que los profesionales puedan aprovechar las ventajas de la IA de manera efectiva y segura.

Referencias

Abuzaid, M. M., Elshami, W., & Fadden, S. M. (2022). Integration of artificial intelligence into nursing practice. *Health and Technology, 12*(6), 1109–1115. https://doi.org/10.1007/s12553-022-00697-0

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2021). Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2024. *Diario Oficial de la Federación,* DOF 28-12-2021. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5639501&fecha=28/12/2021#gsc.tab=0

Espinosa, R., Pérez de Celis, C., Lara, M. del C., Somodevilla, M. J., & Pineda, I. H. (2018). Chatbots en redes sociales para el apoyo oportuno de estudiantes universitarios con síntomas de trastorno por déficit de la atención con hiperactividad. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, 22,* e06. https://doi.org/10.24215/18509959.22.e06

Mehdipour, Y. (2019). Nursing Managers' Attitudes towards Using Artificial Intelligence Systems in Nursing Decisions. *IOSR Journal of Nursing and Health Science (IOSR-JNHS), 8*(2), 87–90.

Mejías, M., Guarate Coronado, Y. C., & Jiménez Peralta, A. L. (2022). Inteligencia artificial en el campo de la enfermería. Implicaciones en la asistencia, administración y educación. *Salud, Ciencia y Tecnología, 2,* 88. https://doi.org/10.56294/saludcyt202288

Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. UN.

Presidencia de la República. (2019). Plan Nacional Desarrollo 2019-2024. *Diario Oficial de la Federación,* DOF 12-07-2019. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019#gsc.tab=0

Ronquillo, C. E., Peltonen, L., Pruinelli, L., Chu, C. H., Bakken, S., Beduschi, A., Cato, K., Hardiker, N., Junger, A., Michalowski, M., Nyrup, R., Rahimi, S., Reed, D. N., Salakoski, T., Salanterä, S., Walton, N., Weber, P., Wiegand, T., & Topaz, M. (2021). Artificial intelligence in nursing: Priorities and opportunities from an international invitational think-tank of the Nursing and Artificial Intelligence Leadership Collaborative. *Journal of Advanced Nursing, 77*(9), 3707–3717. https://doi.org/10.1111/jan.14855

Rony, M. K. K., Parvin, M. R., & Ferdousi, S. (2024). Advancing nursing practice with artificial intelligence: Enhancing preparedness for the future. *Nursing Open, 11*(1). https://doi.org/10.1002/nop2.2070

Secretaría de Salud. (2024). *Lineamiento General de Vacunación 2024*. SSA. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/877453/LINEAMIENTOS_GENERALES_DEL_PVU_2024_.pdf

Senthilkumar, T., Arumugam, T., Pandurangan, H., & Panjaiyan, K. (2023). Adopción de la Inteligencia Artificial en la Atención Sanitaria: Una perspectiva enfermera. *Salud, Ciencia y Tecnología, 3*(S1), 510. https://doi.org/10.56294/saludcyt2023510

Vignolo, J., Vacarezza, M., Álvarez, C., & Sosa, A. (2011). Niveles de atención, de prevención y atención primaria de la salud. *Archivos de Medicina, 33*(1).

5 La fascinante evolución de las redes neuronales artificiales: La arquitectura de “redes neuronales basadas en trenes de impulsos”

Carlos Alan García Campos @, *Ricardo Morales Carbajal* @
y Rafael Villa Angulo @

Historia de la inteligencia artificial

El estudio de la inteligencia artificial varía de acuerdo con el aspecto intrínseco del área de estudio (Confalonieri et al., 2021). En este capítulo, se aborda la línea cronológica del área de ciencias computacionales y su impacto sobre la neurociencia.

Cómputo de la inteligencia artificial

El primer objetivo de la inteligencia artificial (IA) fue superar la prueba de Turing, propuesta en 1950, la cual consistía en que un evaluador humano revisara las respuestas proporcionadas por una máquina; si el evaluador no lograba distinguir entre las respuestas de la máquina y las de un ser humano, se consideraba que la máquina había “pasado” la prueba de Turing (Turing, 1950). Esto trajo grandes propuestas, ideas y expectativas muy elevadas para el tiempo en el que se desarrollaba, lo que provocó un retroceso en la financiación destinada a investigaciones relacionadas con la IA. Entre 1974 y 1980, conocido como el invierno de la IA, no hubo un desarrollo sustancial en el campo; a pesar de ello, pequeños grupos continuaron realizando investigaciones al respecto (Haigh, 2023).

A partir de los años 90, con mejores sistemas de cómputo y el impacto de la ley de Moore, que predijo el rápido avance en la capacidad de procesamiento, surgió una oportunidad “única” y “realista” para trazar proyectos orientados al desarrollo de la IA (Valencia et al., 2022). Este periodo marcó un punto de inflexión en este campo de estudio, que comenzó a crecer de manera gradual, pero sostenida; gracias a estos avances, se desarrollaron arquitecturas innovadoras, como las redes neuronales convolucionales (CNN, por sus siglas en inglés), el aprendizaje profundo y modelos de gran alcance que han sido fundamentales en los últimos años (Ray, 2023).

Neuromecanismos aplicados a la IA

El cerebro o red neuronal se puede definir como un sistema eficiente de cómputo. Desde los tiempos de los pensadores griegos hasta poco antes de siglo XIX, se pensaba que el cerebro tenía una función glandular (Cavada, 2023). Sin embargo, en 1906, Santiago Ramón y Cajal recibió, junto con Camillo Golgi, el Premio Nobel de Medicina por su trabajo, en el cual demostró que el cerebro no está compuesto por un tejido singular, como se creía, sino que existe una pequeña brecha de separación entre unidades diminutas, más tarde denominadas neuronas (De Castro, 2019). Esta teoría fue corroborada años después con la invención del microscopio electrónico.

Este descubrimiento sobre las neuronas desencadenó una serie de avances tanto en la comprensión del cerebro como en la metáfora del "computador como un cerebro" (Brette, 2022), planteada por Turing y otros pioneros de la IA. Además, dio lugar a una de las teorías más influyentes en el campo de la neurociencia del aprendizaje: el aprendizaje Hebbiano. En su obra "*The Organization of Behavior*" (Hebb, 1949), Donald Hebb enunció que, "Cuando el axón de una célula A está lo suficientemente cerca de una célula B y continuamente esta toma parte de su reacción de disparo, alguna clase de proceso metabólico ocurre tal que la eficiencia sináptica de A incrementa con respecto a B". Este principio se popularizó en inglés con la frase "*Neurons that fire together, wire together*" (George et al., 2022), destacando que el aprendizaje Hebbiano es un proceso causal en el que la actividad de una neurona presináptica refuerza la conexión con una neurona postsináptica. Sin embargo, esta versión simplificada del aprendizaje Hebbiano necesita incluir la dependencia temporal entre las dos neuronas, es decir, el tiempo de disparo entre la célula A (presináptica) y la célula B (postsináptica); esta precisión es clave para el incremento de la conexión sináptica y está actualmente descrita por el modelo conocido como *plasticidad sináptica dependiente del tiempo de impulso* (STDP, por sus siglas en inglés).

Mead (1989) describió la actual forma de manufactura de sistemas neuromórficos, conocidos como VLSI (de sus siglas en inglés, *Very Large Scale Integration*) analógicos, que están inspirados en la arquitectura cerebral. Un sistema neuromórfico actúa como una representación física del cerebro (en este caso el hardware).

Los inicios de la IA tomaron sus bases de la biología, inspirándose en el funcionamiento del cerebro para desarrollar sistemas computacionales que imitaran sus procesos; sin embargo, con el paso del tiempo y el avance de la tecnología, el funcionamiento general del cómputo que intentaba imitar al cerebro se fue alejando de este modelo biológico. Los desarrollos más recientes en IA comenzaron a enfocarse más en las limitaciones y especificaciones del hardware de las máquinas, lo que ha influido en los modelos computacionales y en cómo se abordan los problemas de procesamiento (Hernandez & Brown, 2020).

Introducción a las redes neuronales basadas en trenes de impulsos

En ciencias computacionales, una red neuronal (o modelo de inteligencia artificial) se visualiza como un conjunto de nodos que procesan la información en función de la importancia o peso asignado a cada nodo en relación con los datos de entrada. El método que emplean estas redes neuronales implica el procesamiento de la información a través de un número determinado de capas de procesamiento, de forma consecutiva e iterativa, consumiendo una gran cantidad de recursos del procesador en su entrenamiento.

Una alternativa a este modelo clásico de *redes neuronales artificiales* (ANN, por sus siglas en inglés) son las *redes neuronales basadas en trenes de impulsos* (SNN, por sus siglas en inglés). Las SNN están inspiradas de manera más directa en las redes neuronales biológicas que las ANN, ya que consideran el comportamiento dinámico y el factor tiempo en su operación. En las SNN, cada neurona evalúa la evolución del potencial de membrana en función del tiempo; así, la información solo se propaga cuando el potencial de membrana de una neurona supera cierto umbral, lo que desencadena un impulso o pico de acción (comúnmente caracterizado por su simplicidad como δ [tspike], que indica el tiempo en el que ocurre el impulso).

Modelando una neurona

El modelado computacional de la neurona consiste en representar matemáticamente su estructura biofísica y sus características geométricas, con el fin de predecir su comportamiento ante diversas situaciones. La predicción puede ser enfocada a una parte en específico de la neurona o de su conducta en general.

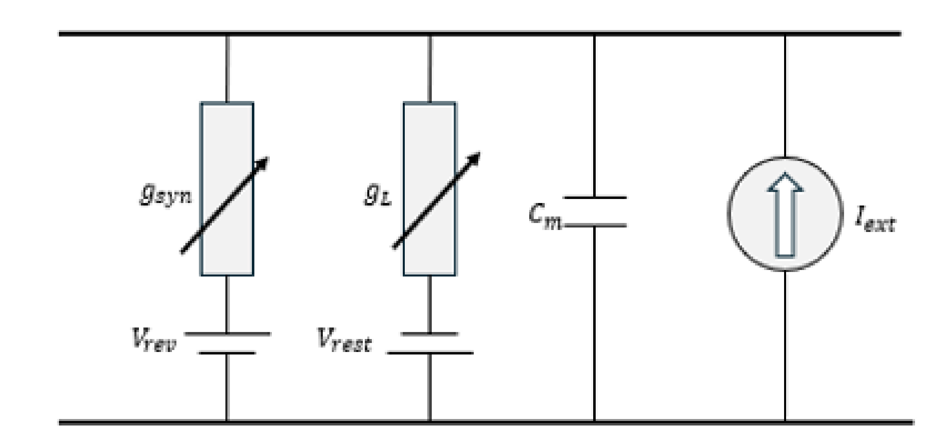
Existen diversos tipos de modelos para entender el comportamiento de la actividad neuronal, y el nivel de exactitud de estos modelos depende en gran medida de la cantidad de parámetros o variables que se consideren en el proceso de modelado, así como de la calidad del equipo computacional utilizado.

El modelo LIF (de sus siglas en inglés, *Leaky Integrate-and-Fire*) caracteriza de manera simple el comportamiento básico de una neurona (Gerstner et al., 2014). En este modelo, el potencial de membrana de la neurona se representa mediante un circuito equivalente, que consiste en una conductancia en paralelo con un capacitor (Figura 1). Una corriente externa actúa sobre el capacitor, cargándolo hacia un cierto límite o umbral. Cuando el potencial de membrana supera ese umbral, la neurona genera un potencial de acción (o disparo), y su potencial decae rápidamente hacia un punto de reposo antes de estar lista para disparar de nuevo. Una característica importante de este modelo, que también se observa en las neuronas biológicas, es la presencia de un tiempo de refracción, un periodo durante el cual la neurona es incapaz de generar otro potencial

de acción inmediatamente después de un disparo, lo cual le da a la membrana neuronal un periodo de descanso, permitiendo que los procesos sinápticos y los cambios en las conexiones neuronales puedan realizarse de manera segura y eficiente.

Figura 1

Potencial de membrana de una neurona del modelo LIF



Nota. Carga del potencial de membrana de una neurona accionado por una corriente postsináptica Isyn. Una vez disparado el potencial de acción, el potencial de reinicio está dado por Vrest y la velocidad de carga de la membrana está modulada por la constante de tiempo τ=Cm/gL.

De acuerdo con la Figura 1, el potencial de membrana puede ser descrito:

$$CmdVdt = -gLVt-Vrest+Iext+Isyn$$

Con la condición de reinicio:

$$Vtspike = Vrest$$

Comunicándose con trenes de impulsos: Sinapsis

Una neurona *in vivo* modifica la conductancia de su membrana para hacerla más propensa a disparar un potencial de acción, como se observa de forma analógica en la Figura 1. Cuando el potencial de acción se genera, este viaja a lo largo del axón de la neurona hacia la sinapsis, donde se producirá la liberación de neurotransmisores. Estos neurotransmisores liberados por la neurona presináptica se enlazarán con los receptores de la neurona postsináptica, lo que altera su permeabilidad y permite la entrada o salida de iones; como resultado, se puede generar un nuevo potencial de acción en la neurona postsináptica, iniciando una nueva señal eléctrica.

Los tipos de conexiones sinápticas más comunes son las sinapsis químicas y las sinapsis eléctricas (con conexiones físicas directas entre dos neuronas). Aunque las si-

napsis eléctricas están menos extendidas y dispersas a lo largo de la corteza cerebral, desempeñan un rol importante en diversos procesos fisiológicos (Michel et al., 2023). La mayoría de los modelos de IA se basan principalmente en la sinapsis química.

Dependiendo del tipo de sinapsis (si es excitatoria o inhibitoria) se puede provocar que la neurona postsináptica sea propensa a provocar un potencial de acción. En las sinapsis excitatorias, la apertura de canales iónicos provoca una corriente postsináptica excitatoria, mientras las sinapsis inhibitorias generan una corriente postsináptica inhibitoria. La corriente postsináptica, generalmente representada como Isyn, depende del potencial de membrana de la neurona postsináptica con respecto a su conductancia sináptica (gsyn), la cual decae de manera exponencial tras la activación de la sinapsis.

$$\text{Isyn} = \text{gsynVrev-V}$$

En este contexto, el potencial de membrana de una neurona i se denota como V, mientras que el Vrev o potencial de reversión se refiere al potencial de retorno de la corriente iónica en la neurona postsináptica. Este potencial de reversión es una de las propiedades intrínsecas de las neuronas y define la dirección de la corriente postsináptica de acuerdo con el potencial de Nernst (Gerstner et al., 2014).

Plasticidad basada en los tiempos de disparo

Las sinapsis son uno de los objetos más estudiados en la neurociencia, principalmente por su capacidad "plástica" de modificar las propiedades electroquímicas de la neurona, lo que permite aumentar o disminuir el flujo de iones a través de los canales iónicos en la sinapsis. Este proceso de fluctuación de iones, que tiene el efecto de fortalecer o debilitar la conexión entre dos neuronas, es conocido como *plasticidad sináptica* (Stampanoni et al., 2019). Hebb (1949) propuso el mecanismo de plasticidad sináptica como un medio para explicar los procesos de aprendizaje y memoria; en este sentido, si una célula A participa en la excitación de una célula B de manera persistente y repetida, la eficiencia sináptica entre ambas neuronas se incrementará. Por el contrario, si la célula A falla repetidamente en estimular a la célula B, la conexión entre ambas se debilitará.

A partir de los trabajos de Hebb (1949), se denominó aprendizaje Hebbiano a todas las reglas de aprendizaje que siguieran la norma de estímulo y repetición. En especial una de ellas fue importante, ya que no solo consideraba la repetición, sino que también incorporaba el tiempo de disparo entre la neurona presináptica y la neurona postsináptica como un factor determinante en la plasticidad sináptica. Este mecanismo es denominado STDP.

Simuladores populares para las SNN

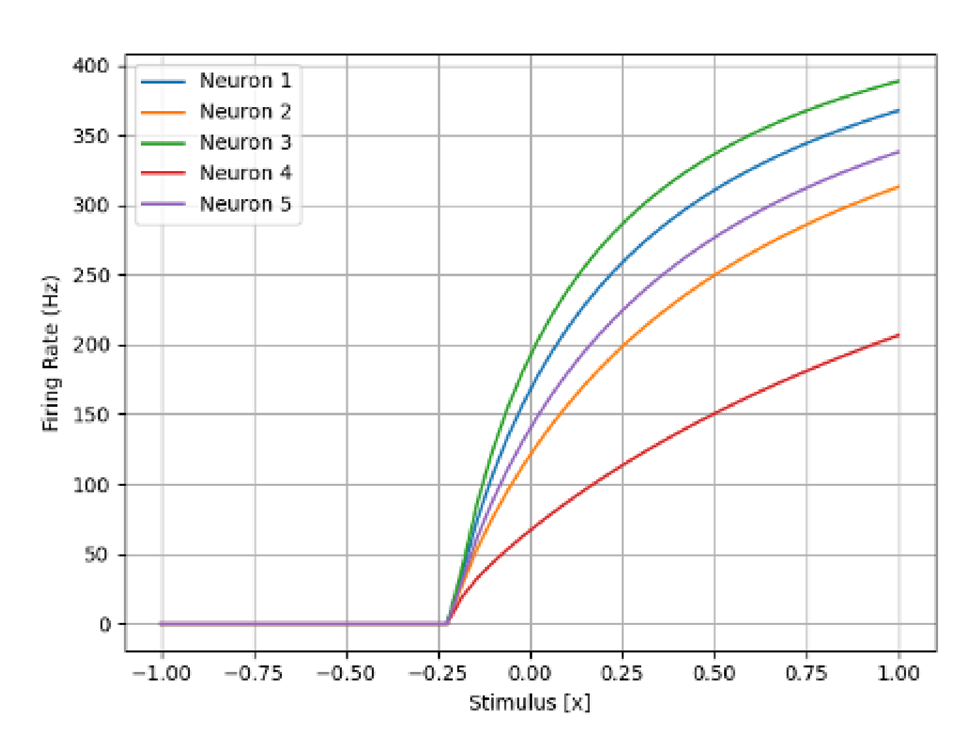
Al comprender el funcionamiento de las SNN, es posible construir una red que procese la información de manera similar a una red neuronal artificial clásica. En respuesta a este creciente interés, varios grupos de investigación han desarrollado y distribuido de manera gratuita librerías especializadas para simular y utilizar estas estructuras, con el objetivo de fomentar y difundir su uso en la comunidad científica y tecnológica. A continuación, se abordarán tres de esos simuladores (Yamazaki et al., 2022).

Nengo

Es un simulador avanzado que ha sido desarrollado con el objetivo de modelar y simular redes neuronales complejas, acercándose al desafío de simular un cerebro humano. A pesar de los avances en *Deep Learning* y *Machine Learning*, la tarea de modelar las altas funciones cognitivas sigue siendo complicada, ya que aún no se comprende completamente la base de estas funciones, que son estudiadas en el campo de la psicología. El simulador de Nengo (Gosmann & Eliasmith, 2021) opera bajo la teoría del *Neural Engineering Framework* (NEF), que proporciona un enfoque para representar cualquier función matemática mediante números reales, utilizando una codificación población-temporal de un grupo de neuronas (Kumar et al., 2023). En el campo de la neurociencia, se utilizan las curvas de caracterización o "*Tuning Curves*" para representar la razón de disparo de una neurona respecto al estímulo que se desea analizar (Figura 2).

Figura 2

Curva de caracterización típica



Nota. Caracterización de un grupo de cinco neuronas de acuerdo con el cambio en la razón de respuesta con respecto al estímulo o señal de entrada "x". La simulación fue realizada directamente en el *framework* de Nengo, ajustando la dirección de disparo y el punto de intercepción del ensamble neuronal.

Brian2

Brian2 (Alevi et al., 2022) es un simulador general, intuitivo y flexible diseñado para el lenguaje de programación Python, que permite a los usuarios definir diversos modelos neuronales (LIF, Izhikevich, Hodgkin-Huxley), diferentes tipos de sinapsis (GABA, AMPA, NMDA) y los parámetros de las conexiones de la red neuronal de forma simple y adaptable. La clave de Brian2 es que se basa en el conocimiento del comportamiento neuronal, descrito mediante ecuaciones diferenciales, y permite resolver el modelo utilizando estas ecuaciones. A diferencia de simuladores como Nengo, Brian2 no tiene una teoría o *framework* subyacente que determine cómo realiza el cómputo neuronal, sino que el alcance del simulador estará determinado por la complejidad del modelo que el investigador diseñe, es decir, un simulador que se adapta de acuerdo con la medida para cada aplicación.

NEST

El simulador NEST (Spreizer et al., 2021) se enfoca en la dinámica, el tamaño y la estructura de la red neuronal para llevar a cabo sus simulaciones. Aunque su estilo de análisis es similar al de Nengo, NEST, al igual que Brian2, no depende de una teoría para caracterizar el comportamiento neuronal (NEF) en la cual se modula, sino que estudian los aspectos dinámicos generales de la red en un limitado número de conexiones sinápticas. NEST es especialmente útil para estudiar aspectos dinámicos generales de redes neuronales, tales como: procesamiento sensorial, estabilidad y balance entre neuronas excitatorias e inhibitorias, aprendizaje y modelos de plasticidad sináptica.

Actualidad y futuro de las "*spiking neural networks*"

El campo de investigación de la IA se ha enfocado en el desarrollo de algoritmos y *hardware* que prioricen la eficiencia en el entrenamiento y la ejecución de modelos de IA (Wang et al., 2020). En este contexto, las SNN son en especial interesantes por el considerable incremento en la eficiencia computacional que ofrecen al permitir una activación distribuida en las neuronas, sin necesidad de activar cada neurona en la capa de red. Las SNN se caracterizan por estar inspiradas en la forma en que el cerebro humano procesa la información y su capacidad para emular el comportamiento dinámico y eficiente del cerebro ha llevado a muchos investigadores a considerarlas como el próximo paso en la evolución de la IA; además ofrecen una excelente plataforma para la prueba de hipótesis y descubrimientos en el campo de la neurociencia teórica.

En los últimos años, principalmente inspirados en el trabajo de Mead (1989), el enfoque de las SNN se ha centrado en el desarrollo de un sistema neuromórfico para

optimizar la eficiencia de la estructura. Se han lanzado convocatorias a grupos de investigación para probar sus dispositivos (Davies, 2021; Sen-Bhattacharya et al., 2017) y mejorar su rendimiento. Hasta ahora, el *Akida 2nd Generation* (BrainChip Inc., 2024) es el único hardware neuromórfico de su tipo que ha sido liberado para uso comercial. A pesar de estos avances, aún queda mucho por explorar en términos de desarrollo de hardware neuromórfico genérico (Marković et al., 2020).

Las SNN aún están lejos de superar a los modelos clásicos de la IA en términos de rendimiento y precisión (Yamazaki et al., 2022); por este motivo, la investigación sigue enfocada en mejorar sus capacidades, como en el caso de la clasificación de imágenes sin supervisión mediante modelos de aprendizaje basados en el STDP (Soupizet et al., 2022). A diferencia de algoritmos como las CNN o las RNN, las SNN no poseen una fórmula decisiva para optimizar su rendimiento, ya que una representación adecuada de los datos de entrada tiene un efecto considerable en el desempeño del modelo (Guo et al., 2021).

Los frameworks para simular las SNN están adaptadas para satisfacer las necesidades de cada usuario. Un ejemplo se ilustra en los trabajos de Kulkarni et al. (2021), donde la velocidad de simulación está optimizada para redes pequeñas (NEST) en comparación con redes de gran tamaño y simulaciones de larga duración (Brian2).

Las SNN no solo tienen un impacto en el desarrollo de la IA, sino que ofrecen un sistema de simulación útil para probar hipótesis en el campo de la neurociencia teórica. Aspectos como la homeostasis o la plasticidad, especialmente por medio de neuronas inhibitorias, se han aplicado a problemas de clasificación de imágenes y reconocimiento de objetos (Sanchez-Garcia et al., 2023). Asimismo, la psicología tiene su papel en las SNN donde efectos como la recencia y la primacía en un sistema de memoria de trabajo pueden ser reproducidos (Gosmann & Eliasmith, 2021) siempre que el *framework* utilizado sea compatible (Kumar et al., 2023).

Conclusiones

Las *spiking neural networks* (SNN) representan un cambio significativo en la arquitectura manejada por la IA convencional, ya que en lugar de requerir que cada neurona procese la información, solo aquellas neuronas que contienen información relevante tienen un impacto en el cómputo del algoritmo. Este enfoque se inspira directamente en cómo opera el cerebro humano, lo que hace que los hallazgos de la neurociencia teórica sean de gran utilidad para mejorar el rendimiento de sus algoritmos.

Actualmente, estamos alcanzando un punto histórico en el que los modelos de redes neuronales convencionales (también llamados “clásicos” o “artificiales” a lo largo del capítulo) logran mejorar su rendimiento de acuerdo con la representación diseñada por

el programador o diseñador del modelo. Sin embargo, este incremento en rendimiento viene acompañado de una demanda exponencial de recursos computacionales, lo que hace que los modelos actuales requieran enormes cantidades de procesamiento y energía para operar de manera efectiva. En este sentido, los sistemas neuromórficos no solo mejoran la eficiencia de los modelos de IA, sino que también establecen las bases para el desarrollo de un framework o una teoría general sobre la operación cerebral. Aunque esta rama de investigación no es completamente nueva, su impacto en las futuras generaciones de IA será transformador. Cuanto más se descubra acerca de cómo el cerebro procesa la información, más cerca estaremos de reproducir su funcionamiento en sistemas computacionales.

Referencias

Alevi, D., Stimberg, M., Sprekeler, H., Obermayer, K., & Augustin, M. (2022). Brian2CUDA: Flexible and Efficient Simulation of Spiking Neural Network Models on GPUs. *Frontiers in Neuroinformatics, 16,* 1–22.

BrainChip Inc. (2024). *Akida Generations.* https://brainchip.com/akida-generations/

Brette, R. (2022). Brains as Computers: Metaphor, Analogy, Theory or Fact? *Frontiers in Ecology and Evolution, 10*. https://doi.org/10.3389/fevo.2022.878729

Cavada, C. (2023). *Introducción histórica a la Neurociencia.* Sociedad Española de Neurociencia. https://www.senc.es/introduccion-historica-a-la-neurociencia/

Confalonieri, R., Coba, L., Wagner, B., & Besold, T. R. (2021). A historical perspective of explainable Artificial Intelligence. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery.*

Davies, M. (2021). Lessons from Loihi: Progress in Neuromorphic Computing. *Symposium on VLSI Circuits,* Kyoto, Japan. https://doi.org/10.23919/VLSICircuits52068.2021.9492385.

De Castro, F. (2019). Cajal and the Spanish Neurological School: Neuroscience Would Have Been a Different Story Without Them. *Frontiers in Cellular Neuroscience, 13*(187). https://doi.org/10.3389/fncel.2019.00187

George, M. S., Caulfield, K. A., & Wiley, M. (2022). Shaping plasticity with non-invasive brain stimulation in the treatment of psychiatric disorders: Present and future. *Handbook of Clinical Neurology, 184,* 497–507.

Gerstner, W., Kistler, W. M., Naud, R., & Paninski, L. (2014). *Neuronal Dynamics: From single neuron to networks and models of cognition.* Cambridge University Press.

Gosmann, J., & Eliasmith, C. (2021). CUE: A unified spiking neuron model of short-term and long-term memory. *Psychological Review, 128*(1), 104-124. https://doi.org/10.1037/rev0000250

Guo, W., Fouda, M. E., Eltawil, A. M., & Salama, K. N. (2021). Neural Coding in Spiking Neural Networks: A Comparative Study for Robust Neuromorphic Systems. *Frontiers in Neuroscience, 15.* https://doi.org/10.3389/fnins.2021.638474

Haigh, T. (2023). There was no ‘First AI Winter’. *Communications of the ACM, 66*(12), 35-39.

Hebb, D. O. (1949). *The Organization of Behavior.* Wiley.

Hernandez, D., & Brown, T. B. (2020). Measuring the Algorithmic Efficiency of Neural Networks. *arXiv.*

Kulkarni, S. R., Parsa, M., Mitchell, J. P., & Schuman, C. D. (2021). Benchmarking the performance of neuromorphic and spiking neural network simulators. *Neurocomputing, 447*, 145-160. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2021.03.028

Kumar, H., Chinmaya, T., Dehury, K., Kumar, P., & Bharadwaj, S. (2023). Predictive Analytics in Cloud, Fog, and Edge Computing. In *Predictive Analytics in Cloud, Fog, and Edge Computing.* Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-18034-7

Marković, D., Mizrahi, A., Querlioz, D., & Grollier, J. (2020). Physics for neuromorphic computing. *Nature Review Physics, 2,* 499-510. https://doi.org/10.1038/s42254-020-0208-2

Mead, C. (1989). *Analog VLSI and neural systems.* Addison-Wesley.

Michel, J. C., Grivette, M. M. B., Harshfield, A. T., Huynh, L., Komons, A. P., Loomis, B., McKinnis, K., Miller, B. T., Nguyen, E. Q., Huang, T. W., Lauf, S., Michel, E. S., Michel, M. E., Kissinger, J. S., Marsh, A. J., Crow, W. E., Kaye, L. E., Lasseigne, A. M., Lukowicz-Bedford, R. M., … Miller, A. C. (2023). Electrical synapse structure requires distinct isoforms of a postsynaptic scaffold. *PLoS Genetics, 19*(11), 1–23. https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1011045

Ray, P. P. (2023). ChatGPT: A comprehensive review on background, applications, key challenges, bias, ethics, limitations and future scope. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems, 3*, 121-154. https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.04.003

Sanchez-Garcia, M., Chauhan, T., Cottereau, B. R., & Beyeler, M. (2023). Efficient multi-scale representation of visual objects using a biologically plausible spike-latency code and winner-take-all inhibition. *Biological Cybernetics,* (1-2), 95-111. https://doi.org/10.1007/s00422-023-00956-x

Sen-Bhattacharya, B., Serrano-Gotarredona, T., Balassa, L., Bhattacharya, A., Stokes, A. B., Rowley, A., Sugiarto, I., & Furber, S. (2017). A Spiking Neural Network Model of the Lateral Geniculate Nucleus on the SpiNNaker Machine. *Frontiers in Neuroscience, 11.* https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00454

Soupizet, T., Jouni, Z., Wang, S., Benlarbi-Delai, A., & Ferreira, P. M. (2022). Analog Spiking Neural Network Synthesis for the MNIST. *Journal of Integrated Circuits and Systems, 18*(1). https://doi.org/10.29292/jics.v18i1.663

Spreizer, S., Senk, J., Rotter, S., Diesmann, M., & Weyers, B. (2021). Nest desktop, an educational application for neuroscience. *ENeuro, 8*(6), 1–13.

Stampanoni i, M., Iezzi, E., Gilio, L., Centonze, D., & Buttari, F. (2019). Synaptic Plasticity Shapes Brain Connectivity: Implications for Network Topology. *International Journal of Molecular Sciences, 20*(24), 6193. https://doi.org/10.3390/ijms20246193

Turing, A. M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind, 59*(236), 433-460.

Valencia, I. F., Valdovinos-Rosas, R. M., Marcial-Romero, J. R., & Eleuterio, R. A. (2022). Inteligencia Artificial y Juegos de Tablero: Desde el Turco hasta AlphaZero. *Recibe, Revista Electrónica de Computación, Informática, Biomédica Y Electrónica, 11*(2), C4-1-C4-10. https://doi.org/10.32870/recibe.v11i2.250

Wang, Y., Wang, Q., Shaohuai, S., He, X., Tang, Z., Zhao, K., & Chu, X. (2020). Benchmarking the Performance and Energy Efficiency of AI Accelerators for AI Training. En *Proceedings: 20th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Internet Computing (CCGRID)* (pp. 744-751). IEEE. https://hdl.handle.net/1783.1/105127

Yamazaki, K., Vo-Ho, V.-K., & Bulsara, D. (2022). Spiking Neural Networks and their Applications A Review. *Brain Sciences, 12*(7), 863. https://doi.org/10.3390/brainsci12070863

6 Perspectiva de la inteligencia artificial para la planeación diagnóstica y terapéutica en odontología

Julio César Flores Preciado @, *Juan Carlos García Gallegos* @
y Mónica Isabel Soto Tapiz @

La premisa de la atención clínica moderna se centra en la mejora del servicio prestado al paciente ante una enfermedad, lo que exige un cambio integral en los protocolos y prácticas relacionados con el cuidado y la asistencia. Este enfoque busca minimizar las demandas administrativas y priorizar la interacción humana "médico-paciente", promoviendo la personalización y la eficacia en la atención. De esta manera, surgen nuevos enfoques de bienestar cuya planeación estratégica se sustenta en mantener la salud del individuo, más que en curar la enfermedad.

Este cambio de paradigma propone escenarios de planificación diagnóstica y terapéutica enfocados en la prevención de condiciones de salud de índole general o específica, que podrían comprometer el bienestar o incluso la vida de una persona. En este sentido, la incorporación de la inteligencia artificial (IA) en metodologías de diagnóstico y tratamiento médico ha cobrado auge en los últimos años, favorecida por los avances en la ciencia de datos, el aprendizaje automático (*machine learning*) y los sistemas de cómputo robusto; estas técnicas combinan técnicas avanzadas de procesamiento de datos con algoritmos de optimización, lo que permite mejorar el procesamiento digital de imágenes biomédicas, entre otras aplicaciones.

Aunque la IA es una tecnología que data de hace más de un siglo, su uso actual resulta mucho más evidente debido a la capacidad que tiene para automatizar diversos procesos que antes requerían intervención humana. Un ejemplo claro de esto es la generación automatizada de expedientes clínicos actualizados, en los que se integran de manera eficiente y dinámica los antecedentes familiares, personales patológicos y no patológicos, junto con la información sobre padecimientos actuales, medios diagnósticos y antecedentes de atención; estos expedientes, bajo la supervisión de los llamados "sistemas expertos", pueden guiar al especialista hacia un prediagnóstico clínico más certero, facilitando una detección temprana de afecciones sistémicas u orgánicas y, por ende, proponiendo soluciones oportunas. En el marco de la atención médica, donde la

buena salud es una necesidad cotidiana, la implementación de sistemas basados en IA se alinea con los principios éticos de la práctica médica, tales como la no maleficencia, beneficencia, autonomía, y justicia, posicionándose como un complemento idóneo para robustecer la estrategia de acompañamiento personalizado, lo que mejora la calidad en el servicio al paciente.

Sin embargo, aún hay mucha investigación científica por hacer para adoptar plenamente estas innovaciones, que son catalogadas como tecnologías disruptivas y que presentan escenarios de transformación diagnóstica y terapéutica de gran alcance, pero que aún enfrentan desafíos importantes. Uno de los principales retos es que los pilares tradicionales del acto médico siguen siendo la experiencia y la percepción del personal especializado.

Incorporación de la inteligencia artificial en las ciencias odontológicas

La IA aplicada a la odontología consiste en el uso de algoritmos y sistemas computacionales para realizar tareas específicas dentro de esta disciplina. Por ejemplo, el diagnóstico asistido por IA, donde los algoritmos pueden analizar imágenes como radiografías, tomografías y fotografías intraorales para detectar anomalías de manera temprana y precisa; la determinación de la mejor estrategia terapéutica; la predicción del pronóstico de ciertas condiciones después de una intervención dental; y la evaluación de la eficacia de los tratamientos a lo largo del tiempo, personalizando el cuidado del paciente.

Desde sus inicios, la odontología se ha establecido como una disciplina colaborativa orientada a la resolución de problemas y afecciones causantes del deterioro o pérdida de la funcionalidad del aparato estomatognático. Tradicionalmente, el enfoque en la odontología ha transitado desde un trabajo multidisciplinario, donde varias disciplinas interactúan, pero mantienen una separación clara en sus roles y grados de intervención, hasta un modelo interdisciplinario más integrado, donde las disciplinas no solo se complementan, sino que articulan conocimientos, metodologías y prácticas para abordar de manera conjunta las necesidades del paciente.

En la actualidad, las ciencias odontológicas requieren un enfoque de trabajo colaborativo con otras disciplinas, integrando nuevos métodos y tecnologías. Este enfoque transdisciplinario promueve la generación de un modelo de atención individualista, que se centra en las características y necesidades particulares de cada paciente, lo que permite una resolución más efectiva de los problemas de salud bucodental.

La incorporación de la IA en apoyo a los protocolos analógicos y digitales hace posible el cambio de paradigmas en la formación de los estudiantes y la toma de decisiones por parte de los profesionales para mejorar los enfoques formativos y aplicativos en la odontología.

Enfoque formativo en las ciencias odontológicas

El enfoque formativo en las ciencias odontológicas está cada vez más orientado hacia la creación de profesionales integrales que sean capaces de ofrecer una atención de calidad, basada en competencias técnicas y éticas; esto implica no solo la adquisición de habilidades clínicas avanzadas, sino también el desarrollo de competencias en la gestión efectiva de los recursos disponibles y en la administración adecuada de los procesos clínicos.

Durante la formación del estudiante y en la práctica clínica del egresado en odontología, el enfoque formativo se materializa mediante la integración de conocimientos teórico-prácticos relacionados con los procesos administrativos necesarios para gestionar eficientemente una consulta dental; esto incluye el manejo del expediente clínico, la administración de los recursos materiales, la gestión financiera y el cumplimiento de las regulaciones y normas. Estos procesos representan áreas de oportunidad para la integración de la IA en los sistemas de gestión, para garantizar una mejor preparación de los estudiantes y el desarrollo de competencias bajo un sistema que respalde una práctica clínica segura, eficiente y resolutiva.

Incorporación de la IA en la gestión de los procesos administrativos

En el análisis de las competencias en la educación odontológica es fundamental reconocer que la gestión y administración son pilares esenciales para la planificación de servicios, la organización de recursos, la dirección y el control, y la toma de decisiones (Morales et al., 2023). Esto justifica la importancia de la incorporación de la IA a las ciencias de la salud; en este caso, a las ciencias odontológicas.

La IA en la gestión de procesos desempeña un papel crucial en la mejora de los sistemas analógicos y digitales actualmente utilizados en la práctica clínica, así como también un desafío para el capital humano, ya que requiere una adaptación tanto en las habilidades como en los métodos tradicionales de atención al paciente. Las áreas claves en las que la IA puede impactar positivamente en la gestión de los procesos administrativos son aquellas que permiten el buen desempeño y el seguimiento adecuado de la atención médica.

Los sistemas de gestión en el ámbito odontológico son programas diseñados para facilitar la administración integral de un consultorio dental, y el aporte de la IA en estos sistemas está centrado en la mejora de la eficiencia, la precisión y la experiencia en la atención al paciente. En este apartado, se destaca la automatización de tareas administrativas como la programación de citas, el envío de recordatorios, la gestión de documentos clínicos y el análisis de datos para proporcionar recomendaciones que permitan una atención personalizada.

Actualmente, los sistemas de información del paciente asociados a los registros clínicos electrónicos tienen un uso predominantemente administrativo y financiero, más que clínico. Sin embargo, la IA está transformando esta dinámica al permitir una codificación de lenguaje global, que facilita el flujo de información entre los profesionales de la salud de manera más eficiente y eficaz, a través del establecimiento de interconsultas, generación de informes, seguimiento en tiempo real de la evolución del paciente y la formulación de recomendaciones basadas en evidencias científicas.

Por su parte, la teleodontología es un servicio de atención dental a distancia que permite al paciente y odontólogo reunirse virtualmente en tiempo real cuando no es posible el contacto presencial. Aun cuando esta modalidad ganó mayor relevancia durante la pandemia de COVID-19, su potencial va más allá de esa coyuntura, ya que puede ajustarse a las necesidades actuales mediante el uso de sistemas de teleconsulta, en donde la IA permite: (a) la monitorización remota de la salud dental del paciente a través de sensores o dispositivos conectados; (b) el telediagnóstico mediante el uso de algoritmos para el análisis de imágenes y datos clínicos proporcionados por el paciente; y (c) la teleeducación, proveyendo recursos educativos personalizados de acuerdo con las necesidades de atención.

Finalmente, en el contexto de los servicios dentales amigables, cuyo objetivo es garantizar el acceso universal a la atención dental en un entorno que refleje la diversidad humana, la incorporación de dispositivos con IA ofrece soluciones innovadoras para superar las barreras del idioma y mejorar la comunicación tanto en consultas presenciales como en teleodontología.

Enfoque aplicativo en las ciencias odontológicas

Desde 1840, cuando se fundó en Baltimore, Estados Unidos, la primera escuela de cirugía dental, la educación odontológica ha experimentado una notable evolución en sus modelos de enseñanza. Inicialmente, la formación dental se basaba predominantemente en la experiencia empírica, en la que los estudiantes aprendían a través de la práctica directa sin un respaldo teórico robusto; sin embargo, a lo largo del tiempo, el enfoque ha cambiado hacia uno basado en evidencias, alineando la enseñanza con los avances científicos y tecnológicos en el campo. En la actualidad, las instituciones han apostado cada vez más por el aprendizaje virtual, que permite a los estudiantes potenciar sus competencias para el desarrollo de habilidades a través de escenarios de simulación. Esto permite a los estudiantes practicar en entornos controlados que replican situaciones reales, asegurando que adquieran y demuestren las destrezas necesarias antes de intervenir clínicamente en pacientes.

En el enfoque aplicativo en las ciencias odontológicas, la IA ha revolucionado el uso de software y hardware para la creación de modelos digitales que replican el comportamiento y las respuestas de los tejidos orales y del paciente, especialmente en escenarios de simulación por computadora. Además, la realidad virtual (RV), en combinación con la IA, permite la generación de entornos tridimensionales capturados mediante escaneo digital intraoral y extraoral con las técnicas más avanzadas. La IA interviene en estos entornos virtuales para mejorar su realismo, permitiendo la utilización de dispositivos como controladores de movimiento y guantes sensoriales que simulan la interacción con los objetos y los tejidos dentro del entorno tridimensional. Si bien, es posible la creación de entornos simulados, es de suma importancia el desarrollo de habilidades somatosensoriales; en este sentido, la realidad háptica asociada a la realidad virtual permite la interacción con objetos digitales en el entorno virtual con una respuesta de retroalimentación táctil o simulación de fuerzas físicas, que brinda al usuario una experiencia más realista durante el entrenamiento.

Incorporación de la IA en la toma de decisiones diagnósticas y terapéuticas

Desde la perspectiva de la enseñanza, la incorporación de IA ha permitido la generación de simulaciones realistas de casos clínicos y escenarios prácticos; estas simulaciones proporcionan un entorno seguro donde los estudiantes pueden practicar la toma de decisiones y la resolución de problemas clínicos, enfrentándose a una amplia variedad de situaciones que replican desafíos reales en la práctica diaria.

La incorporación de sistemas de IA no solo facilita la creación de simulaciones y escenarios prácticos, sino que también permite que estos sistemas actúen como tutores virtuales. Mediante la optimización y funcionalización en la toma de decisiones, la IA puede analizar el desempeño del estudiante, identificar áreas de mejora y proporcionar retroalimentación inmediata, lo que contribuye al cumplimiento de los objetivos de aprendizaje. En este contexto, la IA se convierte en una herramienta clave para potenciar la enseñanza y la profesionalización de los futuros odontólogos; la sinergia entre la IA, las tecnologías digitales y el trabajo clínico pueden tener un impacto positivo en la prevención y la detección temprana de enfermedades, incluso antes de que estas se manifiesten, evitándose con ello la progresión natural de la enfermedad y la necesidad de intervención clínica.

Los algoritmos de IA, especialmente aquellos asociados al procesamiento digital de imágenes y a la información diagnóstica, ofrecen una poderosa herramienta para la identificación de anomalías y enfermedades; estos algoritmos pueden analizar una variedad de estudios clínicos, como fotografías intraorales, radiografías, tomografías y

perfiles bioquímicos e histopatológicos, permitiendo detectar patrones y características que podrían no ser evidentes en una evaluación manual tradicional.

Bajo estos mismos lineamientos, el análisis de antecedentes y datos clínicos mediante IA permite establecer un plan de tratamiento personalizado que se adapta a las necesidades y particularidades de cada paciente. A través de la identificación de factores de riesgo y la recomendación de opciones terapéuticas, se garantiza la personalización de la atención, optimizando los procedimientos. De esta manera, se mejora la eficiencia y aumenta la productividad; además, ayuda a los odontólogos a tomar decisiones informadas basadas en datos, mejorando así la calidad y el pronóstico de la atención médica que brindan.

Modelos de atención odontológica personalizada

La atención personalizada en las ciencias de la salud hace referencia a un modelo de atención clínica que incorpora tecnologías emergentes en la toma de decisiones relacionadas con la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades, en función de los antecedentes y las características individuales de cada persona. En odontología, este enfoque representa una transformación del modelo tradicional, al centrarse en las necesidades específicas de cada paciente, en lugar de aplicar un enfoque genérico.

Este modelo se basa en una evaluación integral del paciente, contribuyendo a una planificación más precisa y eficiente, lo que optimiza la toma de decisiones y reduce los tiempos de tratamiento; esto a su vez, facilita la gestión y el análisis de datos diagnósticos, mientras proporciona una visión clara de las opciones terapéuticas más adecuadas. Una de las principales ventajas de la atención personalizada en odontología es su capacidad de predecir y controlar los resultados clínicos con un alto grado de certeza, un proceso conocido como *predictibilidad de la atención odontológica*.

Inteligencia artificial asociada a la predictibilidad de la atención odontológica

La atención odontológica con un enfoque personalizado integra el trabajo transdisciplinario junto con la IA, utilizando un modelo predictivo que abarca desde la planeación diagnóstica hasta la resolución del problema clínico. En asociación con el análisis de datos históricos y los resultados de tratamientos previos, es posible desarrollar modelos anticipados que estimen con precisión resultados del proceso de atención, así como realizar un seguimiento continuo y evaluar el pronóstico a corto, mediano y largo plazo. Con esta información, es posible recomendar intervenciones preventivas o correctivas futuras que ajusten el tratamiento de manera dinámica, según sea necesario. Este enfoque predictivo está sustentado en la capacidad de la IA para analizar una amplia gama

de factores, como: hábitos del paciente, datos de pacientes con intervenciones similares, evidencia científica y evolución del paciente.

Beneficios de la adopción de la IA y las nuevas las tecnologías a la práctica odontológica

La adopción de la IA en la formación del estudiante ofrece una serie de beneficios, incluida la mejora del acceso a tecnología avanzada, la posibilidad de realizar prácticas clínicas virtuales, la retroalimentación personalizada y una preparación más sólida para la práctica clínica. En este contexto, los sistemas de simulación brindan una experiencia virtual y una retroalimentación del desempeño del estudiante, identificando áreas de mejora. Asimismo, una de las principales ventajas de la IA es su capacidad para integrarse con herramientas de diagnóstico avanzadas, como el análisis de imágenes, que ayuda a detectar signos tempranos de enfermedades; estas herramientas permiten a los estudiantes practicar la toma de decisiones clínicas de manera efectiva; además los sistemas de evaluación del aprendizaje adaptativo son capaces de evaluar el progreso de cada estudiante de forma personalizada, ajustándose a sus necesidades individuales (Gallardo, 2024).

El respaldo en la toma de decisiones clínicas dentro de las especialidades odontológicas se centra especialmente en el análisis de datos clínicos, imágenes y la colaboración interdisciplinaria. Teóricamente, esto implica comparar y contrastar los hallazgos clínicos y estudios imagenológicos con el objetivo de llegar a una evaluación más precisa de la condición del paciente, lo que permite establecer propuestas o soluciones con mayor predictibilidad.

En la toma de decisiones diagnósticas y terapéuticas, los sistemas de aprendizaje automático (*Deep Learning*) tienen una participación eficiente y precisa en el análisis de imágenes radiográficas y tomográficas. Estos sistemas son capaces de detectar anomalías, realizar la segmentación de estructuras en la planificación de sitios de intervención, y evaluar lesiones premalignas para la detección temprana de cáncer oral; además, asisten en procedimientos quirúrgicos al identificar estructuras anatómicas importantes, lo que contribuye a evitar lesiones o iatrogenias durante las intervenciones (Cedeño et al., 2023).

Las redes neuronales convolucionales (CNN), al ser capaces de reconocer patrones en el procesamiento de imágenes, son relevantes en las siguientes áreas: el diagnóstico de anomalías dentales y óseas, como fracturas, quistes o tumores; la planificación de tratamientos ortodónticos, donde se evalúan la posición y relación dental en función de las estructuras craneomaxilofaciales, se identifican anomalías en la oclusión y se detectan alteraciones del crecimiento; y la simulación de resultados estéticos en prostodoncia,

facilitando planificación de tratamientos de rehabilitación o procedimientos cosméticos, como blanqueamientos y colocación de carillas dentales.

Sin embargo, las tendencias actuales se centran en la atención clínica, por lo que es crucial que la incorporación de la IA comience desde la formación del estudiante, garantizando que estas habilidades formen parte integral de su perfil profesional. En este sentido, la atención del paciente puede beneficiarse mediante el uso de la IA en la planificación diagnóstica y la intervención terapéutica, reduciendo el riesgo de errores en la práctica clínica (Cacñahuaray et al., 2021).

Desafíos de la adopción de la IA y las nuevas las tecnologías a la práctica odontológica

La adopción de la IA demanda un enfoque cuidadoso y colaborativo que involucre a instituciones educativas, estudiantes, docentes, egresados y desarrolladores de tecnología, para superar las barreras de su implementación y asegurar que se maximicen los beneficios, al tiempo que se minimizan los riesgos en la atención al paciente.

El acceso a nuevas tecnologías impacta directamente en la educación y profesionalización, pero la viabilidad y factibilidad de su adopción dependen de factores como la disponibilidad y los costos de incorporación y mantenimiento. Además, la integración de la IA con los sistemas y procesos clínicos ya existentes puede requerir actualizaciones y garantizar la interoperabilidad con otros equipos y sistemas de gestión administrativa, lo que puede plantear desafíos técnicos y de compatibilidad.

Asimismo, es necesario garantizar medidas de privacidad y seguridad al incorporar la IA en la atención odontológica, estableciendo estándares rigurosos en el manejo de los datos. Un ejemplo destacado es la Ley de Portabilidad y Responsabilidad del Seguro Médico (HIPAA, por sus siglas en inglés) en los Estados Unidos, que regula cómo las organizaciones de atención médica, profesionales de la salud, compañías de seguros y otros entes manejan y protegen la información de salud personal identificable (PHI, por sus siglas en inglés).

Finalmente, la adopción de la IA en la atención odontológica plantea interrogantes éticas y de responsabilidad significativas. Uno de los principales desafíos es la equidad en la toma de decisiones, ya que existen preocupaciones sobre el posible sesgo en los algoritmos, lo cual podría impactar de manera desproporcionada a ciertos grupos de pacientes que no tienen el mismo acceso a las herramientas tecnológicas que otros grupos demográficos más favorecidos. Es fundamental abordar estas cuestiones para asegurar que la implementación de la IA en odontología sea ética y equitativa, donde los errores o decisiones incorrectas sean tratados con responsabilidad y transparencia.

Conclusiones

La odontología se ha desarrollado como una disciplina colaborativa dedicada a resolver problemas relacionados con la salud bucodental. En la actualidad, se requiere una colaboración interdisciplinaria y la integración de nuevas tecnologías para ofrecer una atención personalizada. La incorporación de la IA está transformando tanto los enfoques formativos como los aplicativos en la odontología, mejorando significativamente la toma de decisiones y la formación de estudiantes y profesionales. Además, la IA está revolucionando la educación odontológica y la educación en general, proporcionando herramientas avanzadas que optimizan la enseñanza y la toma de decisiones clínicas, permitiendo un aprendizaje más interactivo con simulaciones realistas y una retroalimentación personalizada.

En la gestión de procesos administrativos en consultorios y clínicas dentales, la IA puede mejorar la eficiencia, precisión y experiencia en la atención del paciente, facilitando tareas como programación de citas, gestión de registros clínicos y análisis de datos para recomendaciones precisas. La utilización de estas tecnologías en los sistemas de gestión no solo optimiza los procesos administrativos, sino que también contribuye a la preparación y al desarrollo de competencias del equipo dental, asegurando una práctica clínica segura, eficiente y alineada con los estándares de calidad.

Además, la IA facilita la toma de decisiones diagnósticas y terapéuticas mediante el análisis preciso de imágenes y la identificación y clasificación de patrones en los datos clínicos; esto permite la personalización de tratamientos basados en evidencia científica, lo que conduce a un diagnóstico más asertivo y una atención más particularizada. También permite desarrollar modelos predictivos capaces de replicar las respuestas de tejidos orales en simulaciones y entornos virtuales tridimensionales, y con la integración de la realidad háptica genera una experiencia de aprendizaje más realista.

La combinación de la IA y las tecnologías digitales en el trabajo clínico puede mejorar la prevención y detección temprana de enfermedades, permitiendo la intervención antes de que se manifiesten. Los algoritmos de IA son capaces de analizar imágenes y datos del paciente para identificar patrones asociados con anomalías y enfermedades, lo que facilita la personalización del tratamiento; esto no solo optimiza los procedimientos, sino que también mejora la eficiencia y respalda la toma de decisiones informadas, resultando en una mayor calidad de atención y un mejor pronóstico en el cuidado de la salud.

Por su parte, la implementación de la IA en la formación universitaria en odontología presenta múltiples ventajas, como el acceso a tecnología avanzada, la posibilidad de realizar prácticas clínicas virtuales y la retroalimentación personalizada. Los sistemas de simulación permiten identificar áreas de mejora en el desempeño de los estudiantes

y facilitan el análisis detallado de imágenes, lo que contribuye a la detección temprana de enfermedades y a una mejor toma de decisiones clínicas. En especialidades como la imagenología, la prótesis y la cirugía maxilofacial, el aprendizaje automático desempeña un papel fundamental en el diagnóstico por imágenes, la planificación de tratamientos y la asistencia en procedimientos quirúrgicos. Las redes neuronales convolucionales (CNN), por ejemplo, son especialmente útiles para el reconocimiento de patrones en el procesamiento de imágenes, lo que permite el diagnóstico de anomalías dentales y óseas, la planificación de tratamientos ortodóncicos e incluso la simulación de resultados estéticos. Por ello, es esencial integrar estas tecnologías desde la formación estudiantil para mejorar la atención clínica y reducir los errores en la práctica profesional.

Finalmente, la adopción de la IA en el campo de la odontología enfrenta una serie de desafíos, que incluyen aspectos técnicos, seguridad de datos, y cuestiones éticas y de equidad en la atención. Es fundamental abordar estas preocupaciones para asegurar una implementación ética y equitativa de la IA en la práctica clínica odontológica.

Referencias

Cedeño, L., Lainez, S., Escudero, W., & Flor, M. (2023). Integración de la inteligencia artificial en el diagnóstico y tratamiento dental. *RECIAMUC, 7*(4), 37-46. https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.(4).oct.2023.37-46

Gallardo, C. G. (2024). *Implementación de la Inteligencia Artificial en la Formación de Odontólogos: Una Propuesta para la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Chihuahua.* https://www.academia.edu/115554061/Implementacion_de_la_Inteligencia_Artificial_en_la_Formacion_de_Odontologos?uc-sb-sw=33185553

Morales, M., Felipe, R., López, M., & Calderón, J. (2023). Competencias administrativas y de gestión en la práctica odontológica. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 14*(27). https://doi.org/10.23913/ride.v14i27.1680

7 Dispositivos digitales vestibles (*wearable devices*) para la enseñanza y la investigación en fisiología médica

Jorge Tovar Díaz @, *Angélica Aurelia Huerta Domínguez* @
y Kenden Andrew Medina Meza @

En las últimas dos décadas, las tecnologías digitales (TD) y la inteligencia artificial (IA) han impactado todas las actividades humanas, incluyendo la enseñanza y la medicina. Más recientemente, la pandemia de COVID-19 y el creciente costo de los servicios de salud han sido los principales impulsores de la transición hacia la salud digital, que abarca la telemedicina, los registros electrónicos, las aplicaciones móviles, el análisis de grandes datos, la IA y el monitoreo fisiológico con dispositivos vestibles (Seethalakshmi & Nandan, 2020; Canali et al., 2022; Xu et al., 2022).

En el ámbito de la salud digital, la telemedicina ha promovido la accesibilidad y costeabilidad de los servicios médicos, mientras que la IA ha mejorado la precisión de los diagnósticos; además, los registros electrónicos han optimizado la automatización y el flujo de información en los sistemas de atención (Seethalakshmi & Nandan, 2020). Por su parte, los dispositivos vestibles actúan como una interfaz entre las personas y la salud digital, al generar datos electrónicos sobre parámetros fisiológicos, tanto en escenarios clínicos como fuera de ellos (Canali et al., 2022; Xu et al., 2022).

Generalidades de los dispositivos vestibles

Los dispositivos vestibles o portables (*wearable devices*, en inglés) son aparatos electrónicos que, generalmente en forma de relojes, pulseras o anillos, se usan de manera no invasiva en el cuerpo con el objetivo de monitorear la actividad física (AF) y diversos parámetros fisiológicos (Xu et al., 2022) (Figura 1).

Dependiendo del tipo de variable que se pretende monitorear, los dispositivos vestibles pueden incluir sensores mecánicos, biofísicos o bioquímicos (Dunn et al., 2018; Xu et al., 2022). Los sensores mecánicos más usados son los acelerómetros triaxiales, que detectan la aceleración lineal en tres ejes y la clasifican en AF de diferentes intensidades,

como caminar, correr o estar sentado (Arvidsson et al., 2019; Bayoumy et al., 2021; Dunn et al., 2018). Dentro de los sensores biofísicos destacan los eléctricos y los ópticos, con los que se mide la frecuencia cardíaca (FC), la frecuencia respiratoria (FR) y la saturación de oxígeno en la sangre. La fotopletismografía (PPG), incluida en los oxímetros de pulso y la mayoría de los relojes inteligentes, monitorea la oxigenación de la sangre y la FC gracias a la detección de los cambios de absorción y reflexión de luz de los tejidos. Los sensores eléctricos se usan para monitorear actividad eléctrica cardíaca, muscular y neuronal (Dunn et al., 2018). Los sensores bioquímicos utilizan membranas quimiosensibles acopladas a transductores eléctricos para detectar concentraciones de glucosa, electrolitos, pH y otros químicos corporales (Dunn et al., 2018).

De acuerdo con el tipo y calidad de los sensores, así como al mercado que se destinan, los dispositivos vestibles se clasifican en grado comercial o clínico y de investigación (Dunn et al., 2018) (Figura 1).

Figura 1

Colocación anatómica y tabla comparativa de algunos dispositivos vestibles

A)

Auriculares médicos
PPG
Parche para ECG
ECG
Banda torácica
ECG
Reloj inteligente o banda
PPG ECG
PA SaO_2
Anillo inteligente
PPG SaO_2
Sensores incorporados a ropa o calzado
ECG Otros
Acelerómetro GPS Barómetro

B)

	Tipo de dispositivo	Sensores	Mediciones	Grado
Polar H10	Banda torácica	ECG, ACC	FC, HRV	De consumidor/de investigación
OURA	Anillo	ACC, giroscopio, PPG, TC	FC, HRV, FR, oxigenación, TC, sueño	De consumidor
OMRON Heart Guide	Reloj inteligente	ACC, PPG, oscilometría	PA, AF, calorías, sueño	De consumidor
Apple Watch Series 3	Reloj inteligente	ACC, giroscopio, altímetro barométrico, PPG, GPS	AF, FC, ECG, oxigenación, caídas	De consumidor
Fitbit Charge	Reloj inteligente	ACC, PPG	AF, FC, ECG, TC, sueño	De consumidor/ de investigación
ActivPAL 4	Monitor delgado portátil (muslo)	ACC	AF, sedentarismo	De investigación

Nota. Panel A: colocación anatómica de vestibles (modificado de Bayoumy et al., 2021). Panel B: comparación de vestibles. ACC = acelerometría; AF = actividad física; ECG = electrocardiografía; FC = frecuencia cardíaca; GPS = sistema de posicionamiento global; HRV = variabilidad de la frecuencia cardíaca; PA = presión arterial; PPG = fotopletismografía; SaO2 = saturación de oxígeno en sangre; TC = temperatura corporal.

Los dispositivos vestibles de grado comercial son aquellos destinados al público interesado en monitorear su desempeño físico y su salud general (Dunn et al., 2018); suelen medir AF y FC (Dunn et al., 2018); y se conectan vía bluetooth con aplicaciones de teléfonos inteligentes que generan resúmenes, estadísticas y gráficas (Strain et al., 2022). Actualmente, existen más de 400 dispositivos de este tipo, vendidos por más de 260 compañías, la mayoría sin validación clínica (Vandrico, 2024). Los dispositivos vestibles de grado clínico y de investigación cumplen con estándares de fabricación, desempeño y validación más estrictos, y son usados en el ámbito clínico; se distribuyen bajo regulaciones médicas y forman parte de ecosistemas completos de cuidado médico a través de registros y plataformas electrónicos (Xu et al., 2022).

El uso primario de los dispositivos vestibles es el monitoreo fisiológico, a partir del cual se posibilitan la detección, el tamizaje y la predicción de signos de enfermedad (Canali et al., 2022).

La detección implica la identificación de enfermedades a partir de patrones de actividad característicos; un ejemplo es la detección de fibrilación auricular (FibA) con el Apple Watch, por medio de sensores de PPG y ECG, y algoritmos de detección automática (Canali et al., 2022). La detección de FibA por medio de PPG y análisis de redes neuronales profundas ha logrado una excelente concordancia (0.97) con el estándar clínico de ECG de 12 derivaciones (Bayoumy et al., 2021).

En el tamizaje se identifican variaciones fisiológicas asociadas a condiciones médicas; un ejemplo es el tamizado de apnea del sueño por medio del análisis del movimiento, técnica llamada *actigrafía* (Canali et al., 2022). Aunque la polisomnografía (PSG) sigue siendo el estándar para evaluar objetivamente el sueño, la actigrafía con dispositivos vestibles se ha popularizado por ser más económica y fácil de implementar que la PSG (Rentz et al., 2021).

Por su parte, la predicción de tendencias o aparición de signos de enfermedad es de alta relevancia clínica y epidemiológica, pero es propensa a la sobreestimación. Usando datos de Fitbit® ha sido posible predecir casos de COVID-19 días antes de la aparición de signos clínicos, pero es difícil de diferenciar los casos de influenza estacional (Canali et al., 2022).

Breve historia del monitoreo fisiológico con dispositivos vestibles

Históricamente, el registro de signos vitales y la realización de estudios complementarios se ha llevado a cabo de forma esporádica, cuando el paciente presenta síntomas o tiene visitas médicas programadas, lo cual dificulta la inferencia diagnóstica y pronóstica (Dunn et al., 2018; Xu et al., 2022). Por su parte, el monitoreo continuo de signos

vitales en el ambiente hospitalario es una práctica común desde hace décadas, pero las limitaciones tecnológicas han impedido su implementación en entornos fuera del hospital (Dunn et al., 2018).

En las últimas dos décadas, la conectividad a Internet (*the Internet of Things*) y la Cuarta Revolución Industrial (Industry 4.0), caracterizada por la confluencia de tecnologías digitales, IA, realidad aumentada y virtual, nanotecnología e ingeniería genética (Greengard, 2024; Schwab, 2023) han facilitado el desarrollo de sensores electrónicos compactos, ligeros y seguros para usarse directamente en el cuerpo. Estos sensores son capaces de registrar grandes cantidades de datos y transmitirlos inalámbricamente.

Los primeros dispositivos vestibles fueron rastreadores de actividad física (*activity trackers*), como el Fitbit® Flex, y relojes inteligentes (*smartwatches*) de Garmin®, destinados principalmente al público deportista (Xu et al., 2022). La adopción de los relojes inteligentes se aceleró en el 2014 con el éxito comercial del Apple® Watch, que en el 2018 obtuvo la aprobación de la *Federal Drug Administration* (FDA) de Estados Unidos para detectar fibrilación auricular (FibA), la arritmia cardíaca más común, marcando la transición de un dispositivo de uso recreativo a uno de uso médico (Xu et al., 2022). Por otro lado, Fitbit® había vendido más de 120 millones de dispositivos a más de 29 millones de usuarios en más de 100 países en el 2019, y fue adquirido por Google en 2021. En la actualidad, tanto Fitbit® como Apple® Watch funcionan como verdaderos laboratorios personales, capaces de monitorear AF, horas y fases de sueño, FC y otros parámetros fisiológicos con calidad suficiente para ser utilizados en la investigación científica.

Debido a su facilidad de uso, diseños prácticos, cómodos y su movilidad sin precedentes, los dispositivos vestibles han contribuido a la tendencia del *yo cuantificado,* un concepto que refleja la búsqueda de autoconocimiento a través del automonitoreo, haciéndose esenciales en la transición hacia una medicina más precisa, predictiva y centrada en la persona (Canali et al., 2022; Zhang et al., 2021). Como parte de su iniciativa de medicina de precisión, el Instituto Nacional de Salud (*National Institutes of Health*, NIH) de Estados Unidos, lanzó en 2016 el programa de investigación *All of Us*, en el que los usuarios de Fitbit® y Apple® comparten voluntariamente sus datos para la investigación biomédica, creando así la base de datos de salud digital más grande del mundo (Master et al., 2023).

Ejemplos de aplicaciones

Actividad física y sedentarismo

La actividad física regular ofrece múltiples beneficios para la salud, incluyendo la prevención de enfermedades cardiovasculares y metabólicas (Bull et al., 2020). La Organi-

zación Mundial de la Salud (OMS) recomienda un mínimo de 150 minutos de actividad física moderada por semana; sin embargo, más del 25% de los adultos y el 80% de los adolescentes a nivel mundial no siguen esta recomendación (Bull et al., 2020). Debido a que la acelerometría es el método objetivo más validado para medir la AF (Arvidsson et al., 2019; Bayoumy et al., 2021), la mayoría de los dispositivos vestibles comerciales incluyen esta función. En el ámbito de la investigación, el acelerómetro más aceptado es el ActiGraph™, que se coloca en la cadera para incrementar la sensibilidad de detección de pasos (Arvidsson et al., 2019).

En contraparte, el sedentarismo se refiere a las actividades de bajo gasto metabólico que se realizan sentado durante las horas de vigilia y se relaciona con problemas cardiovasculares y metabólicos, independientemente de cumplir con las recomendaciones de AF (Bull et al., 2020). Para medir el sedentarismo, el acelerómetro activPAL, que se coloca en la pierna para detectar la inclinación de acuerdo con la postura, se considera el estándar de referencia para medirlo (Jones et al., 2022). De manera similar, el acelerómetro Fibion ® Sense ha sido validado para medir el tiempo sedentario (Alkalih et al., 2022).

Frecuencia cardíaca (FC) y variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)

Aunque el conocimiento tradicional establece que la FC normal en reposo oscila entre 60 y 100 latidos por minuto (lpm), un análisis de datos de Fitbit® que incluyó a más de 90 mil personas aparentemente sanas reveló un rango de 40 a 110 lpm (Quer et al., 2020). Por otro lado, estudios previos indican que una FC > 90 lpm triplica el riesgo de muerte comparado con una FC < 50 lpm (Jensen et al., 2013). Estas discrepancias muestran que el monitoreo con dispositivos vestibles puede proporcionar datos de relevancia clínica y epidemiológica.

La VFC se refiere a las variaciones del intervalo entre ciclos cardíacos y es un indicador independiente de riesgo de infarto y muerte por enfermedad cardiovascular. Un estudio masivo de 8 millones de usuarios de Fitbit®, realizado por Natarajan et al. (2020), demostró la factibilidad del monitoreo a largo plazo para establecer valores de referencia y el valor predictivo de la VFC.

Electrocardiograma (ECG) y arritmias cardíacas

Las arritmias son secuencias anormales de la actividad eléctrica del corazón. El método estándar para su detección es un ECG de 12 derivaciones con el paciente en reposo; sin embargo, los estudios suelen arrojar resultados negativos en casos donde las arritmias no se presentan de manera continua. Aunque la tecnología Holter ha sido utilizada durante mucho tiempo para monitoreos ambulatorios, los dispositivos vestibles que se colocan

en el tórax, como el Movesense® MD, resultan más cómodos para estudios prolongados y mejoran la calidad de los registros. Además, la aplicación de técnicas de aprendizaje profundo al análisis de los ECG ha demostrado un desempeño superior al de cardiólogos especialistas en la detección de ciertas arritmias (Ribeiro et al., 2020).

Presión arterial (PA)

La hipertensión afecta a más de mil millones de personas en todo el mundo y es el principal factor de riesgo modificable para la muerte por causas cardiovasculares (Schutte et al., 2022). El método estándar para evaluar la presión arterial (PA), que consiste en una medición única en el consultorio médico, no ha cambiado desde hace 100 años (Schutte et al., 2022). La evidencia actual sugiere que, a pesar de un buen control de la PA en el consultorio, las variaciones pulso a pulso son predictores más sensibles de recaída de infartos (Webb et al., 2021). No obstante, el monitoreo pulso a pulso está limitado a salas de cuidados intensivos, donde se insertan catéteres intravasculares, y a entornos de investigación, que emplean equipos complejos y costosos.

El HearthGuide® de OMRON, un reloj inteligente de grado médico aprobado por la FDA es el primer dispositivo vestible diseñado para medir la PA; sin embargo, a pesar de su diseño miniaturizado, todavía utiliza un brazalete inflable (Bayoumy et al., 2021). La medición de la PA pulso a pulso sin la necesidad de un brazalete inflable es un área de oportunidad para los dispositivos vestibles. Actualmente, algunas opciones utilizan fotopletismografía (PPG), tiempo de tránsito de pulso, tonometría y capacitancia. Uno de los casos más prometedores es el Boppli™ de PyrAmes, que utiliza un sensor capacitivo que detecta ligeros cambios de presión generados por la onda de pulso (Figura 2).

Figura 2

Monitor Boppli™ para detección pulso a pulso de la PA en neonatos



Nota. Tomado de Quan et al., 2021.

Uso de tecnologías vestibles en docencia, investigación e innovación en la Universidad Autónoma de Baja California (UABC)

En la Facultad de Medicina y Psicología, hemos realizado prácticas docentes e investigación original utilizando tecnología vestible aplicada al estudio del sedentarismo y sus efectos sobre la FC y la PA. Para monitorear pasos, tiempo sentado y cambios de postura, hemos utilizado el acelerómetro activPAL y para monitorear la FC hemos usado la banda torácica PolarH10. Los resultados preliminares han mostrado una correlación negativa fuerte entre la cantidad de veces que una persona se pone de pie en un día y su FC en reposo, $r(13) = -.430$, $p = .055$, y una correlación positiva fuerte, $r(13) = 0.456$, $p = 0.044$, entre el tiempo sentado y la PA sistólica registrada al ponerse de pie (Figura 3).

Figura 3

Ejemplo de investigación usando dispositivos vestibles



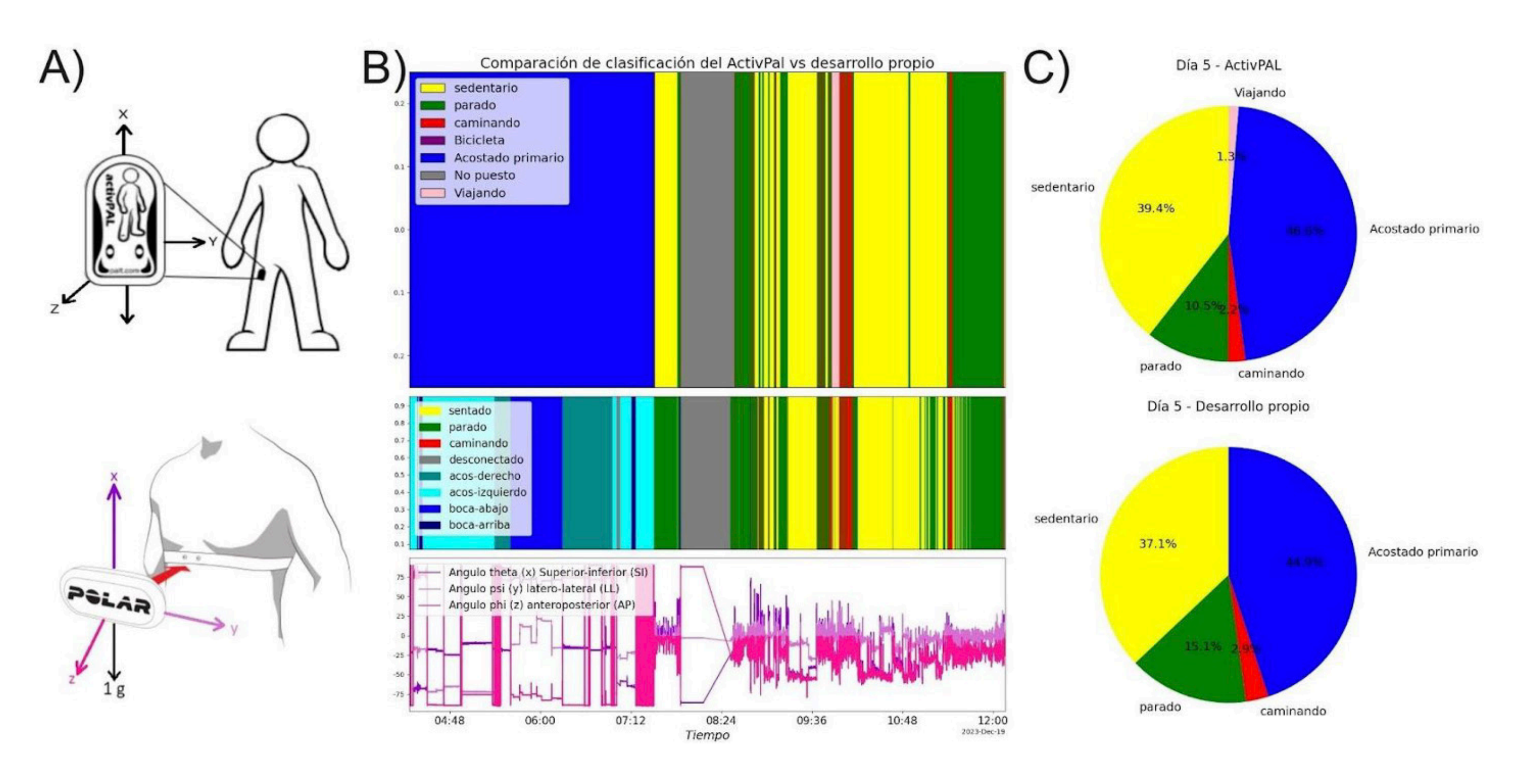
Nota. Panel A) Colocación de los vestibles en diferentes sitios anatómicos. De arriba hacia abajo: acelerómetro/inclinómetro activPAL® para monitoreo de actividad física/sedentarismo; sensor de ECG Polar H10® para monitoreo de FC; baumanómetro oscilométrico Omron® para evaluación de PA. Panel B) Tipos de datos obtenidos. Panel C) Análisis de datos. FC = frecuencia cardíaca; PA = presión arterial; lpm = latidos por minuto.

La mayoría de los dispositivos vestibles se diseñan como relojes de muñeca debido a la mayor aceptación entre los usuarios, pero el torso es el sitio más adecuado para evaluar el movimiento mediante acelerometría (ACC) (Bayoumy et al., 2021). Las bandas

torácicas que incorporan sensores de ECG y ACC son ideales para monitorear y clasificar AF, ya que es posible robustecer los algoritmos incorporando el análisis de FC. Con este propósito, desarrollamos un algoritmo propio que alcanzó una alta concordancia (0.80) con el acelerómetro activPAL para clasificar actividades como estar sentado, caminando, acostado, entre otras (Figura 4). Nuestro trabajo futuro se centrará en refinar este algoritmo mediante la incorporación de análisis con redes neuronales.

Figura 4

Ejemplo de innovación usando dispositivos vestibles



Nota. Panel A) Colocación de los sensores de acelerometría. Arriba activPAL, abajo PolarH10. B) Clasificación de las actividades. C) Comparación de los análisis de activPAL y el algoritmo propio.

Áreas de oportunidad y recomendaciones para el futuro de los dispositivos vestibles

La rápida evolución de los dispositivos vestibles plantea diversos retos, los cuales se resumen en la Tabla 1 (Canali et al., 2022). La mayoría de estos son desarrollados por grandes corporaciones como Apple y Google, que obtienen beneficios económicos a partir del uso de los datos generados. Por ello, es importante regular el acceso a los datos y las herramientas de interpretación para garantizar que favorezcan a los usuarios, promoviendo la representatividad y la justicia social, sin excluir a los sectores más vulnerables (Canali et al., 2022).

Tabla 1

Áreas de oportunidad y recomendaciones para el futuro de dispositivos vestibles

Áreas de oportunidad	Principales problemas	Recomendaciones
Calidad de los datos	· Variabilidad de sensores y prácticas de recolección de datos · Falta de información contextual	Estándares locales de calidad de datos
Estimaciones balanceadas	· Sobreestimación · Sobrepredicción	Interoperabilidad de los datos de dispositivos vestibles
Equidad en salud	· Desigualdad de acceso a beneficios · Brechas digitales y tecnológicas	Acceso e interpretación de los datos de dispositivos vestibles
Justicia	· Exclusión de sectores de la población · Bases de datos de dispositivos vestibles injustas	Representatividad de los datos de dispositivos vestibles

Conclusión

En la era de la salud digital, los dispositivos vestibles se han vuelto indispensables para el monitoreo fisiológico, tanto en entornos clínicos como fuera de ellos. El uso de inteligencia artificial (IA) para el procesamiento de datos permite automatizar la detección, el diagnóstico y la predicción de signos de enfermedad. Sin embargo, debido a su rápida evolución, es necesario agilizar su validación y estandarización, así como establecer una regulación ética que garantice la transparencia y equidad en el uso de los datos.

Los modelos educativos deben incorporar estas tecnologías digitales, que ya forman parte de la vida cotidiana de los estudiantes, asegurando que los docentes transmitan no solo conocimientos técnicos, sino también una responsabilidad ética y social. Como resultado, a la gran capacidad tecnológica que poseen los estudiantes, debe sumarse una gran responsabilidad en manos de los docentes, para garantizar un uso consciente y adecuado de estas herramientas.

Referencias

Alkalih, H. Y., Pesola, A. J., & Arumugam, A. (2022). A new accelerometer (Fibion) device provides valid sedentary and upright time measurements compared to the ActivPAL4 in healthy individuals. *Heliyon, 8*(10), e11103. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11103

Arvidsson, D., Fridolfsson, J., & Börjesson, M. (2019). Measurement of physical activity in clinical practice using accelerometers. *Journal of Internal Medicine, 286*(2), 137–153. https://doi.org/10.1111/joim.12908

Bayoumy, K., Gaber, M., Elshafeey, A., Mhaimeed, O., Dineen, E. H., Marvel, F. A., Martin, S. S., Muse, E. D., Turakhia, M. P., Tarakji, K. G., & Elshazly, M. B. (2021). Smart wearable devices in cardiovascular care: where we are and how to move forward. *Nature Reviews. Cardiology, 18*(8), 581–599. https://doi.org/10.1038/s41569-021-00522-7

Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J. P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., Lambert, E., … Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine, 54*(24), 1451–1462. https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955

Canali, S., Schiaffonati, V., & Aliverti, A. (2022). Challenges and recommendations for wearable devices in digital health: Data quality, interoperability, health equity, fairness. *PLOS digital health, 1*(10), e0000104. https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000104

Dunn, J., Runge, R., & Snyder, M. (2018). Wearables and the medical revolution. *Personalized medicine, 15*(5), 429–448. https://doi.org/10.2217/pme-2018-0044

Greengard, S. (2024, February 11). Internet of Things. *Encyclopedia Britannica*. https://www.britannica.com/science/Internet-of-Things

Jensen, M. T., Suadicani, P., Hein, H. O., & Gyntelberg, F. (2013). Elevated resting heart rate, physical fitness and all-cause mortality: a 16-year follow-up in the Copenhagen Male Study. *Heart (British Cardiac Society), 99*(12), 882–887. https://doi.org/10.1136/heartjnl-2012-303375

Jones, M. A., Diesel, S. J., Gibbs, B. B., & Whitaker, K. M. (2022). Concurrent Agreement Between ActiGraph and activPAL for Measuring Physical Activity in Pregnant Women and Office Workers. *Journal for the Measurement of Physical Behaviour, 5*(2), 69–75. https://doi.org/10.1123/jmpb.2021-0050

Master, H., Kouame, A., Marginean, K., Basford, M., Harris, P., & Holko, M. (2023). How Fitbit data are being made available to registered researchers in All of Us Research Program. *Pacific Symposium on Biocomputing, 28,* 19–30.

Natarajan, A., Pantelopoulos, A., Emir-Farinas, H., & Natarajan, P. (2020). Heart rate variability with photoplethysmography in 8 million individuals: a cross-sectional study. *The Lancet. Digital Health, 2*(12), e650–e657. https://doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30246-6

Quan, X., Liu, J., Roxlo, T., Siddharth, S., Leong, W., Muir, A., Cheong, S-M., & Rao, A. (2021). Advances in Non-Invasive Blood Pressure Monitoring. *Sensors, 21,* 4273. https://doi.org/10.3390/s21134273

Quer, G., Gouda, P., Galarnyk, M., Topol, E. J., & Steinhubl, S. R. (2020). Inter- and intraindividual variability in daily resting heart rate and its associations with age, sex, sleep, BMI, and time of year: Retrospective, longitudinal cohort study of 92,457 adults. *PloS One, 15*(2), e0227709. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227709

Rentz, L. E., Ulman, H. K., Galster, S. M. (2021). Deconstructing Commercial Wearable Technology: Contributions toward Accurate and Free-Living Monitoring of Sleep. *Sensors (Basel), 21*(15), 5071. https://doi.org/10.3390/s21155071

Ribeiro, A. H., Ribeiro, M. H., Paixão, G. M. M., Oliveira, D. M., Gomes, P. R., Canazart, J. A., Ferreira, M. P. S., Andersson, C. R., Macfarlane, P. W., Meira, W., Jr, Schön, T. B., & Ribeiro, A. L. P. (2020). Automatic diagnosis of the 12-lead ECG using a deep neural network. *Nature communications, 11*(1), 1760. https://doi.org/10.1038/s41467-020-15432-4

Schutte, A. E., Kollias, A., & Stergiou, G. S. (2022). Blood pressure and its variability: classic and novel measurement techniques. *Nature reviews. Cardiology, 19*(10), 643–654. https://doi.org/10.1038/s41569-022-00690-0

Schwab, K. (2023, May 31). The Fourth Industrial Revolution. *Encyclopedia Britannica.* https://www.britannica.com/topic/The-Fourth-Industrial-Revolution-2119734

Seethalakshmi, S., & Nandan, R. (2020). Health is the Motive and Digital is the Instrument. *Journal of the Indian Institute of Science, 100*(4), 597–602. https://doi.org/10.1007/s41745-020-00190-5

Strain, T., Sharp, S. J., Spiers, A., Price, H., Williams, C., Fraser, C., Brage, S., Wijndaele, K., & Kelly, P. (2022). Population level physical activity before and during the first national COVID-19 lockdown: A nationally representative repeat cross-sectional study of 5 years of Active Lives data in England. *The Lancet Regional Health - Europe, 12.* https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2021.100265

Vandrico. (2024). *Wearable Technology Database*. https://vandrico.com/wearables.html?redirect=true

Webb, A. J. S., Lawson, A., Wartolowska, K., Mazzucco, S., & Rothwell, P. M. (2021). Progression of Beat-to-Beat Blood Pressure Variability Despite Best Medical Management. *Hypertension, 77*(1), 193–201. https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.120.16290

Xu, S., Kim, J., Walter, J. R., Ghaffari, R., & Rogers, J. A. (2022). Translational gaps and opportunities for medical wearables in digital health. *Science translational medicine, 14*(666), eabn6036. https://doi.org/10.1126/scitranslmed.abn6036

Zhang, X., Gao, P., & Snyder, M. P. (2021). The Exposome in the Era of the Quantified Self. *Annual review of biomedical data science, 4*, 255–277. https://doi.org/10.1146/annurev-biodatasci-012721-122807

8 ¿Deberíamos integrar la IA en el modelo de enseñanza médica? Por supuesto, pero… ¿Hasta qué punto?

Yair Lara Blanco @

La inteligencia artificial (IA) está revolucionando múltiples campos, incluida la educación, y en particular la enseñanza médica. La integración de la IA en la forma de interpretar el aprendizaje médico, brindando oportunidades sin precedentes, pero también enfrentando desafíos importantes. No se puede subestimar la importancia de abordar estos desafíos y oportunidades, dado el carácter único de la educación médica y la necesidad urgente de implementar métodos innovadores que aseguren la adquisición de las competencias necesarias para los profesionales de la salud (Gal, 2021). Este capítulo tiene como objetivo profundizar en el marco teórico para la integración de la IA en la educación médica, examinando las implicaciones que esto conlleva, los desafíos de implementación y la importancia de capacitar a los estudiantes en el uso ético y efectivo de esta herramienta. Además, se propone un enfoque equilibrado que no solo maximice el potencial de la IA, sino que también respete los principios éticos inherentes a la formación médica, garantizando una implementación responsable de esta tecnología en el entorno educativo médico.

En la Figura 1 se puede apreciar una representación visual de la educación médica actual, generada con IA.

Figura 1

Educación médica actual



Nota. Elaborado con *Canva*, plataforma de diseño y comunicación visual en línea, que utiliza la IA para la creación de imágenes a partir de texto.

Inteligencia artificial en la educación médica

La integración de la IA en la educación médica representa una transformación en la forma en que se interpretan y practican las metodologías educativas en el ámbito sanitario. Este cambio va más allá de los métodos tradicionales de enseñanza en medicina (Kinnear, 2022) y requiere una reevaluación de las técnicas pedagógicas para incorporar de manera efectiva herramientas y recursos impulsados por IA. Sin embargo, la naturaleza única y compleja de la educación médica plantea varios desafíos en su implementación, particularmente debido a las habilidades, conocimientos y competencias especializadas requeridas para la práctica médica. Uno de los principales desafíos es encontrar un equilibrio entre el uso de las herramientas educativas impulsadas por IA y el desarrollo de habilidades críticas, como el razonamiento clínico y la resolución de problemas, que constituyen el núcleo de la competencia médica (Chang, 2023).

Varias universidades en los Estados Unidos, como la Universidad de Standford, así como muchas otras instituciones a nivel mundial, están comenzando a aprovechar los beneficios que los programas de IA ofrecen en la docencia a distintos niveles. En este

contexto, estas tecnologías se están utilizando para agilizar tareas que anteriormente requerían mucho más tiempo, como la creación de cuestionarios, tareas, calificación de exámenes, y la generación de material de apoyo (Chen, 2023; Ross, 2023). Lo anterior no solo ha permitido que el trabajo docente sea más eficiente, sino que también lo ha hecho más dinámico y en muchas ocasiones más divertido, lo que a su vez contribuye a un mayor nivel de retención de la información por parte de los estudiantes.

Actualmente, estamos viviendo la revolución de la IA a nivel global, y su uso en el campo de la medicina ha sido objeto de numerosos estudios. Por ejemplo, se ha investigado cómo herramientas como "ChatGPT puede ser utilizado por los profesionales de la salud para ayudar a responder preguntas de los pacientes y proporcionarles información sobre enfermedades, tratamientos y medicamentos" (Galán, 2023, párr.7). Estudios comparativos han analizado las respuestas de médicos frente a las proporcionadas por la IA a un grupo de pacientes, revelando que las respuestas generadas por esta herramienta lograron una mayor aceptación por parte de los pacientes; esto se debe a que las respuestas proporcionadas por la IA fueron percibidas como más empáticas y detalladas en comparación con las ofrecidas por los propios médicos (Ayers et al., 2023).

Integración exitosa de la inteligencia artificial

La implementación de herramientas de IA en la educación médica plantea varios desafíos que deben abordarse para garantizar su integración exitosa. Uno de los principales retos es asegurar los requisitos tecnológicos e infraestructura, tales como el acceso a Internet de alta velocidad, sistemas informáticos avanzados, y la adopción de medidas robustas de seguridad de los datos, los cuales son fundamentales para el uso efectivo de las herramientas de IA (Chang, 2023). Además, la integración de estas herramientas en las prácticas educativas médicas existentes requerirá una planificación meticulosa para armonizar las tecnologías innovadoras con los métodos tradicionales de enseñanza, garantizando una transición fluida y permitir la coexistencia entre la IA y la enseñanza humana. Resolver estos desafíos es esencial para aprovechar todo el potencial de la IA en la educación médica, desde la mejora de las experiencias de aprendizaje hasta el perfeccionamiento de habilidades clínicas (Holly & Humphrey, 2023).

El papel de la formación en IA en la educación médica universitaria

El desarrollo curricular tiene un rol fundamental para garantizar la integración exitosa de la IA en la educación médica. Implica dar forma al contenido, la estructura y los objetivos del plan de estudios médico para incluir módulos específicos de IA, dotando así a los estudiantes de conocimientos y habilidades esenciales en esta área. Un plan de estudios integral crea una base para la formación y la experiencia que los estudiantes necesitan

para utilizar eficazmente estas herramientas en la práctica médica. Las iniciativas de formación práctica brindan a los estudiantes escenarios del mundo real en los que pueden aplicar técnicas de diagnóstico y resolución de problemas basadas en IA, preparándolos para los desafíos que enfrentarán en el campo de la medicina clínica (Chang, 2023); con esto, se pretende formar médicos más capaces y con mayor habilidad resolutiva en cada uno de sus campos clínicos.

Para lograr este cometido, es indispensable que el personal académico adquiera los conocimientos necesarios para utilizar las herramientas disponibles, siendo la IA una de las más prometedoras y útiles en la actualidad. Tanto el personal académico más joven, que puede tener mayor agilidad para aprender y adaptarse a estas tecnologías, como el personal más experimentado, deben recibir formación en el uso adecuado de la IA en la docencia médica. Es cierto que, en muchas ocasiones, los alumnos pueden superar a sus profesores en el manejo de nuevas tecnologías; sin embargo, es imperativo que los docentes se mantengan a la vanguardia para poder ofrecer una educación de calidad. La IA debe verse como una herramienta aliada, que puede potenciar las capacidades educativas, y no como una carga o una barrera.

La viabilidad de integrar la IA en la educación médica

En el ámbito de la práctica médica, la atención centrada en el ser humano sigue siendo una base insustituible que aporta compasión, empatía y comprensión a las interacciones médico-paciente. Aunque la integración de la IA en la educación médica presenta numerosos beneficios, es crucial resaltar que esta tecnología no puede reemplazar el valor de una atención humanizada, la cual es esencial para promover el bienestar y la confianza del paciente. Además, no se pueden pasar por alto las consideraciones éticas en la implementación de la IA en la educación médica. Las implicaciones éticas de utilizar la IA en la formación de los futuros profesionales médicos deben analizarse e integrarse dentro del marco educativo para garantizar una atención al paciente que sea ética y empática. Debe mantenerse un delicado equilibrio entre la eficiencia que puede ofrecer la IA y el toque humano que caracteriza a la práctica médica para asegurar el desarrollo integral de los futuros profesionales de la salud (Mir, 2023).

Oportunidades de integración de la IA

La integración de la IA en la educación médica ofrece ventajas significativas y oportunidades que pueden transformar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. En primer lugar, esta herramienta tiene el potencial de fortalecer las habilidades de diagnóstico y resolución de problemas al brindar a los estudiantes acceso a grandes cantidades de

datos médicos y estudios de casos, lo que les permite desarrollar una comprensión más profunda de afecciones médicas complejas, mejorando sus capacidades de toma de decisiones clínicas (Palencia-Díaz, 2023). Además, la IA facilita el aprendizaje personalizado y el desarrollo curricular, adaptando el contenido educativo a las necesidades individuales y los estilos de aprendizaje de cada estudiante. Este enfoque adaptativo garantiza que los estudiantes reciban una experiencia de aprendizaje integral y personalizada, maximizando la retención y la aplicación de sus conocimientos (Pucchio et al., 2022). Finalmente, el plan de estudios personalizado puede preparar mejor a los futuros profesionales de la salud al centrarse en áreas específicas de interés o práctica, alineándose con sus aspiraciones profesionales y las demandas cambiantes de la industria de la salud.

Integración de habilidades de investigación y enfoque basado en valores en la educación médica asistida por IA

La integración de habilidades de investigación es primordial en el ámbito de la educación asistida por IA para navegar de manera efectiva a través del panorama cambiante de la atención médica (Gal, 2021). Al incorporar estas habilidades, se facilita el desarrollo de un enfoque basado en valores que responde a las necesidades dinámicas de la era digital. A medida que la IA transforme la práctica médica, contar con competencias sólidas en investigación permitirá a los profesionales de la salud adaptarse rápidamente a los avances en IA y aprendizaje automático, contribuyendo a mejorar la calidad de los servicios de salud. Además, fomentar un enfoque basado en valores en la educación médica garantiza que los profesionales médicos estén preparados para ofrecer una atención compasiva e integral, manteniendo siempre estándares de atención centrados en el paciente (Chang, 2023; Mir, 2023).

El papel de las instituciones educativas y los proveedores de atención médica

La colaboración entre instituciones educativas y proveedores de atención médica es crucial para lograr una integración exitosa de la IA en la educación médica. Esta sinergia requiere un compromiso conjunto para explorar e implementar tecnologías de IA que se alineen con los objetivos de aprendizaje de los programas educativos. Además, las iniciativas colaborativas deben centrarse en garantizar la calidad y eficacia de los programas que incorporan IA, asegurando que se cumplan altos estándares educativos y clínicos.

Al trabajar en conjunto, las instituciones educativas y los proveedores de atención médica pueden desarrollar programas de capacitación integrales que preparen a los futuros médicos para el uso práctico y ético de las herramientas de IA en entornos clínicos. Esta colaboración permite adaptar los planes de estudio académicos para incluir la IA

sin descuidar los aspectos esenciales de una educación médica integral (Chang, 2023). Además, al establecer alianzas, los proveedores de atención médica pueden mantenerse actualizados con los últimos avances tecnológicos, asegurando que sus prácticas sean innovadoras y estén alineadas con los altos estándares que se esperan en la formación y en la atención clínica.

Consideraciones éticas

Las directrices éticas juegan un papel fundamental en el desarrollo e implementación de la IA en la educación médica. Actualmente, aunque esta herramienta representa una novedad tecnológica con un impacto creciente en este campo, todavía no existen organismos regulatorios ni directrices claras y bien establecidas para su uso adecuado, evitando el uso indebido o incorrecto de estos programas. El diseño de herramientas de IA debe seguir pautas éticas bien definidas para asegurar un uso responsable e imparcial dentro de las instituciones educativas (Mir, 2023). Estas consideraciones éticas incluyen la transparencia en el desarrollo de la IA, la protección de la privacidad de los datos y la equidad en su implementación, aspectos esenciales para abordar cuestiones críticas como el consentimiento informado y evitar que las decisiones impulsadas por IA perpetúen sesgos existentes en los entornos de aprendizaje (Lee, 2021). Además, es vital promover el uso responsable de la IA mediante la mitigación de riesgos, asegurando que los algoritmos no contribuyan a aumentar las disparidades en salud y que las tecnologías cumplan con los más altos estándares éticos en la toma de decisiones y el manejo de datos.

También es importante que la implementación de herramientas de IA no sustituya las bases de un buen estudio. Tanto profesores como alumnos pueden caer en la tentación de un uso inadecuado de estas tecnologías, especialmente porque facilitan el acceso a una vasta cantidad de información en Internet y ofrecen la posibilidad de realizar resúmenes, bancos de preguntas, presentaciones, videos y otros recursos con tan solo un clic. No obstante, dado que los algoritmos de IA recogen información de múltiples fuentes, no siempre se garantiza que esta provenga de fuentes confiables, lo que puede introducir sesgos en la información proporcionada. De modo que, si la enseñanza se basa solo en los contenidos generados por estas herramientas, existe el riesgo de que los estudiantes no adquieran el conocimiento correcto; por tanto, no se debe depender exclusivamente de la IA para el aprendizaje; los estudiantes deben ser alentados a desarrollar una comprensión profunda del material que estudian y no simplemente acostumbrarse a pedir respuestas a la IA, por más cómodo y accesible que esto pueda parecer. Esta práctica asegura que se preserve la calidad del aprendizaje y que no se generen lagunas de conocimiento en el proceso formativo.

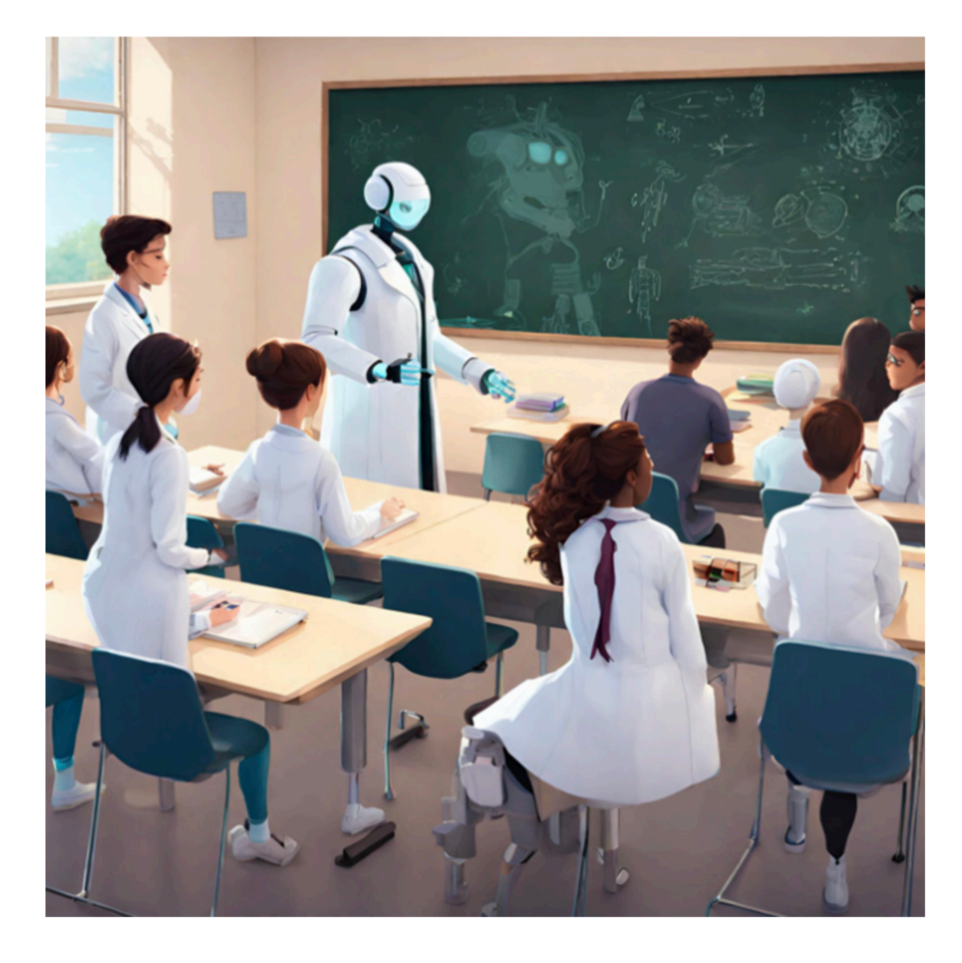
La integración de la IA: posibilidades futuras

El futuro de la IA en la educación médica es muy prometedor, con avances tecnológicos que se espera revolucionen la forma en que se imparte la enseñanza en el ámbito de la salud. Los rápidos desarrollos en IA tienen el potencial de transformar significativamente tanto la educación como la práctica médica (Gal, 2021). Esta herramienta podría permitir la creación de experiencias de aprendizaje personalizadas, promoviendo una transformación positiva en el desarrollo curricular al garantizar un enfoque específico del aprendizaje que se adapte a las necesidades individuales de los estudiantes, mejorando así la calidad general de los programas educativos. Además, se espera que la IA facilite técnicas innovadoras para la resolución de problemas, lo que podría derivar en importantes avances en las habilidades diagnósticas de los profesionales médicos (Çalışkan et al., 2022). A medida que la IA continúa evolucionando, es probable que reforme las metodologías de transmisión y adquisición de conocimientos en el campo médico, redefiniendo así los enfoques en la formación y práctica médica; estos avances auguran un futuro dinámico y adaptativo para la educación médica.

En la Figura 2 se puede apreciar una representación visual de las posibilidades de la educación médica en el futuro, generada con IA.

Figura 2

Posibilidades de la educación médica en el futuro



Nota. Elaborado con *Canva*, plataforma de diseño y comunicación visual en línea, que utiliza la IA para la creación de imágenes a partir de texto.

Reflexionando sobre la integración de la IA en la educación médica

Como se ha destacado en los párrafos anteriores, la integración de la IA en la educación médica universitaria representa un cambio de paradigma en los modelos educativos, lo que requiere un equilibrio entre los avances tecnológicos y la atención médica centrada en el ser humano. Es imperativo enfatizar el uso responsable y éticamente sólido de la IA como medio para abordar los desafíos que surgen en su implementación, asegurando que el sistema de educación médica evolucione para satisfacer las demandas de la era digital sin perder sus valores esenciales. Para lograr esto, se requiere una colaboración estrecha entre las instituciones educativas y los proveedores de atención médica, promoviendo una integración responsable de la IA en la educación universitaria de los futuros profesionales de la salud, adaptándose a los desarrollos previstos en la IA y, al mismo tiempo, fomentando un enfoque médico basado en valores (Chang, 2023). Además, es necesario un llamado a la acción para guiar el desarrollo y la implementación de un uso de la IA que sea equilibrado, ético y beneficioso, garantizando así la prestación de servicios de atención médica de alta calidad.

La integración de la IA en la enseñanza médica es una cuestión compleja que requiere una evaluación cuidadosa de múltiples factores. No existe una respuesta simple o universal para determinar hasta qué punto es recomendable incorporarla en los modelos educativos; la decisión debe tomarse considerando sus beneficios potenciales, así como los retos y desafíos que su implementación implica, junto con las necesidades específicas de cada institución educativa. Asimismo, es importante señalar que la IA no debe considerarse como una solución única para todos los problemas que enfrenta la enseñanza médica; su adopción debe ser complementaria a los métodos tradicionales, sirviendo como una herramienta de apoyo para mejorar la calidad de la formación de los futuros profesionales de la salud.

Conclusión

La integración de la IA en la docencia médica universitaria marca un cambio transformador que armoniza los avances tecnológicos con la atención centrada en el ser humano. Al enfatizar su uso ético, fomentar los esfuerzos de colaboración entre instituciones educativas y proveedores de atención médica, y promover un enfoque basado en valores, el futuro de la educación médica está encaminado hacia la innovación y la excelencia. En este proceso de integración, es imperativo defender los valores fundamentales de la atención compasiva al paciente, mientras se aprovechan las oportunidades que la IA ofrece para mejorar la enseñanza y la práctica clínica. A través de una implementación

responsable y una colaboración continua, la educación médica está preparada para evolucionar, garantizando la prestación de servicios de atención de alta calidad que satisfagan las demandas de la era digital.

Referencias

Ayers, J. W., Poliak, A., Dredze, M., Leas, E. C., Zhu, Z., Kelley, J. B., Faix, D. J., Goodman, A. M., Longhurst, C. A., Hpgarth, M., & Smith, D. M. (2023). Comparing Physician and Artificial Intelligence Chatbot Responses to Patient Questions Posted to a Public Social Media Forum. *JAMA Internal Medicine, 183*(6), 589–596. https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2023.1838

Çalışkan, S. A., Demir, K., & Karaca, O. (2022). Artificial intelligence in medical education curriculum: An e-Delphi study for competencies. *PLoS ONE, 17*(7), 11. https://doi.org/ 10.1371/journal.pone.0271872

Chang, B. S. (2023). Transformation of Undergraduate Medical Education in 2023. *JAMA online*, E1-E2.

Chen, C. (2023, marzo 9). *Stanford University.* https://hai.stanford.edu/news/ai-will-transform-teaching-and-learning-lets-get-it-right

Gal, B. (2021). Reforzando la Educación Médica: reflexiones de un docente. *Educación Médica, 22,* S159-S160.

Galán, Á. (2023). Chat GPT ayudará al talento del futuro al mejorar la toma de decisiones. *RRHHDigital.* https://www.rrhhdigital.mx/secciones/tecnologia-e-innovacion/2171/Chat-GPT-ayudara-al-talento-del-futuro-al-mejorar-la-toma-de-decisiones

Holly, J., & Humphrey, D. L. (2023, abril 25). Medical School Rankings—Bad for the Health of the Profession and the Public. *JAMA online, 329*(16), 1343-1344.

Kinnear, B. (2022). Things We Do for No Reason™: Toxic quizzing in medical education. *Journal of Hospital Medicine, 17*(6), 481-484.

Mir, M. M. (2023). Application of Artificial Intelligence in Medical Education: Current Scenario and Future Perspectives. *Journal of Advances in Medical Education & Professionalism, 11*(3), 133-140.

Palencia-Díaz, R. (2023). El potencial de la inteligencia artificial para disminuir errores médicos y mejorar la educación médica continua. *Medicina Interna de México, 39*(3), 419-421.

Pucchio, A., Rathagirishnan, R., Caton, N., Gariscsak, P., Del Papa, J., Justino, J., Vo, V., Lee, W., & Moraes, F. Y. (2022). Exploration of exposure to artificial intelligence in undergraduate medical education: a Canadian cross-sectional mixed-methods study. *BMC Medical Education, 22*(815), 12.

Ross, E. M. (2023). *Harvard Graduate School of Education.* https://www.gse.harvard.edu/ideas/usable-knowledge/23/07/embracing-artificial-intelligence-classroom

9 Aplicación de la inteligencia artificial en conjunto con la realidad aumentada y su impacto en la formación del personal de salud

Rosa Patricia Cruz Nieves @, Gladys Eloísa Ramírez Rosales @ y Atziri Alejandra Ávalos Uriarte @

Desde hace varias décadas, las nuevas tecnologías se han incorporado al sistema educativo con el objetivo de mejorar la calidad del aprendizaje, partiendo de las tecnologías más básicas y avanzando hacia la integración de herramientas más actuales, como la inteligencia artificial generativa (IAG), la realidad aumentada y la realidad virtual, para mejorar el proceso de aprendizaje en los distintos niveles educativos. En el área de ciencias de la salud, en particular, estas innovaciones han demostrado importantes beneficios tanto para los alumnos como para los docentes. De esta manera, los estudiantes han tenido la oportunidad de aprender y practicar procedimientos técnicos, maniobras de reanimación cardiopulmonar básicas y áreas de quirófano a través de simulaciones, facilitando el desarrollo de competencias clave que forman parte del perfil de egreso del personal de salud en formación (Pimentel et al., 2023).

La inteligencia artificial (IA) otorga beneficios al médico en formación, pues es capaz de analizar grandes volúmenes de información, imágenes y datos clínicos, proporcionando una guía en el diagnóstico y tratamiento de diversas enfermedades. Para aplicar correctamente esta tecnología emergente, es esencial comprender los diferentes tipos de IA existentes y las tecnologías relacionadas. En este contexto, es importante entender el concepto de realidad virtual, que forma parte del conjunto de tecnologías conocido como "realidad extendida". Esta categoría también incluye la realidad aumentada, la cual permite superponer imágenes procesadas por sistemas informáticos sobre el mundo real, combinando lo digital con el entorno físico. Abbas et al. (2020) definieron la realidad virtual como la creación de objetos o entornos tridimensionales generados por software, que facilitan la interacción de uno o varios usuarios con un mundo virtual, usualmente a través de pantallas y controladores manuales. La combinación de realidad virtual y realidad aumentada da lugar a la "realidad mixta", que integra objetos reales y virtuales para permitir su manipulación simultánea por parte de los usuarios. La implementación de estas nuevas tecnologías en la educación del personal de salud en formación contribuye a expandir sus capacidades, mejorando la práctica clínica y la comprensión teórica (García et al., 2020).

Por su parte, la pandemia de COVID-19 representó un desafío sin precedentes a nivel global en múltiples sectores, y la educación no fue la excepción. Se vio obligada a una rápida adaptación, transformando las clases presenciales en aulas completamente virtuales. Aunque progresivamente los estudiantes han regresado a los espacios físicos tradicionales, el uso de las nuevas tecnologías descubiertas y desarrolladas durante la pandemia sigue siendo inevitable e imprescindible. La experiencia de enseñar y aprender a pesar de las barreras de una pantalla y la limitación en la comunicación personal fue un acto de adaptación, destacando la capacidad del sistema educativo para reinventarse (Condori et al., 2021). A pesar de los enormes estragos que causó la pandemia, también es importante reconocer los avances tecnológicos que se lograron en el campo de la educación como consecuencia del esfuerzo por mantener la transmisión del conocimiento durante el aislamiento (Pedró, 2020).

Para el personal de salud en formación y los docentes, la pandemia de COVID-19 representó un gran obstáculo, ya que alteró de manera drástica la educación médica tradicional, la cual se fundamenta en la práctica e interacción directa con el paciente. Este tipo de interacción se vio obstaculizada debido al aislamiento, lo que convirtió la enseñanza en un desafío para médicos y docentes, quienes debieron encontrar formas de transmitir sus conocimientos y habilidades a los estudiantes en un contexto completamente diferente, forzando a la comunidad educativa a transformar la educación médica a través de la innovación y el uso de tecnologías digitales emergentes (Rodríguez, 2020). Como señaló Millán (2021), la virtualización de la enseñanza se ha convertido en un reto continuo, especialmente en la adaptación de clases y actividades prácticas, así como en la implementación de evaluaciones por competencias que cumplan con los estándares de formación médica. Aunque la pandemia fue un evento histórico que alteró significativamente la práctica de la medicina, también abrió puertas para el desarrollo de nuevas ciencias y tecnologías (Millán, 2021).

Aplicación de la realidad aumentada y la realidad virtual en la educación

A nivel universitario, existe un enfoque en la investigación de tecnologías que generen alternativas coadyuvantes en el proceso de enseñanza, respondiendo a las crecientes necesidades de aprendizaje de los estudiantes. En este contexto, el diseño de instrumentos para la realidad aumentada se ha vuelto fundamental; su aplicación en herramientas educativas requiere que estos diseños sean atractivos y de fácil uso, para así mejorar la percepción y la respuesta del alumnado hacia esta nueva forma de enseñanza, fomentando su aceptación y adopción como método educativo (Garay et al., 2016).

En relación con la realidad virtual, García et al. (2020) llevaron a cabo un estudio para evaluar la experiencia de usuario de un material didáctico denominado ¨Sistema del complemento con realidad virtual¨, desarrollado en la Facultad de Ciencias Químicas en la Universidad de Autónoma de Chihuahua. Este material empleó un diseño atractivo mediante el uso de un visor de realidad virtual equipado con el sensor Leap Motion®, que permite la detección de movimientos, brindando a los estudiantes una experiencia interactiva y dinámica. Antes de utilizar el sistema, los alumnos recibieron una asesoría teórica sobre los aspectos clave del sistema del complemento, como parte de su plan de estudios. Los resultados del estudio fueron evaluados mediante un cuestionario de satisfacción, obteniendo altas calificaciones en términos de atractividad, estimulación e innovación, lo cual confirmó que la aplicación de realidad virtual es una técnica efectiva para reforzar el aprendizaje. Además de evaluar la respuesta del alumnado, se consideró la percepción de los docentes sobre esta intervención, concluyendo que, en general, el apoyo de esta innovación tecnológica fue visto de manera positiva, destacándose su eficacia como herramienta complementaria en la enseñanza (García et al., 2020).

La adaptabilidad y estimulación experimentadas por los usuarios de realidad virtual confirman que esta, junto con otras tecnologías, representa una herramienta clave para el desarrollo de métodos de enseñanza innovadores. Los resultados positivos obtenidos animan a los docentes a diseñar e implementar sus propias actividades y experiencias educativas, promoviendo así la transformación de sus métodos de enseñanza y fomentando una educación más dinámica e interactiva.

Aplicación de la realidad aumentada y la realidad virtual en las ciencias básicas de la medicina

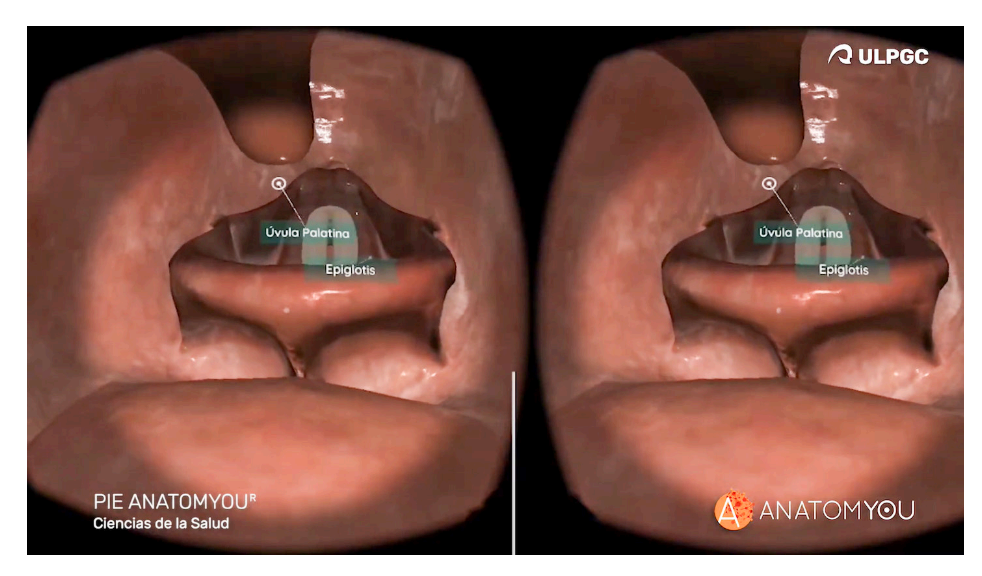
Las aplicaciones de realidad virtual han demostrado ser una herramienta innovadora y efectiva para estudiantes, residentes y especialistas en diversas disciplinas sanitarias. Estas aplicaciones surgen como respuesta a la necesidad de mejorar la formación y los resultados clínicos, especialmente en áreas quirúrgicas. Un ejemplo destacado es el uso de la realidad virtual para procedimientos clínicos mínimamente invasivos, como la endoscopia, donde se busca mejorar la precisión y la práctica sin poner en riesgo a los pacientes.

Entre las aplicaciones más reconocidas está "Anatomyou," desarrollada por Healthware Canarias, que ofrece una experiencia inmersiva en 3D que permite a los usuarios navegar por el interior del cuerpo humano. Esta herramienta se descarga fácilmente en cualquier dispositivo inteligente que puede colocarse en un visor de realidad virtual, permitiendo la exploración anatómica a través de la mirada (Figura 1 y 2). Esta aplicación forma parte de un proyecto de investigación impulsado por la Universidad

de Las Palmas de Gran Canaria, iniciado en 2018, y se ha utilizado en diferentes grados académicos dentro del área de ciencias de la salud. Los resultados obtenidos a través de encuestas de satisfacción han reflejado un alto grado de aceptación entre los estudiantes, destacando su facilidad de uso y la capacidad de adquirir competencias mediante la inmersión en un entorno tecnológico que se está convirtiendo en algo habitual en el ámbito médico laboral (Rodríguez, 2020).

Figura 1

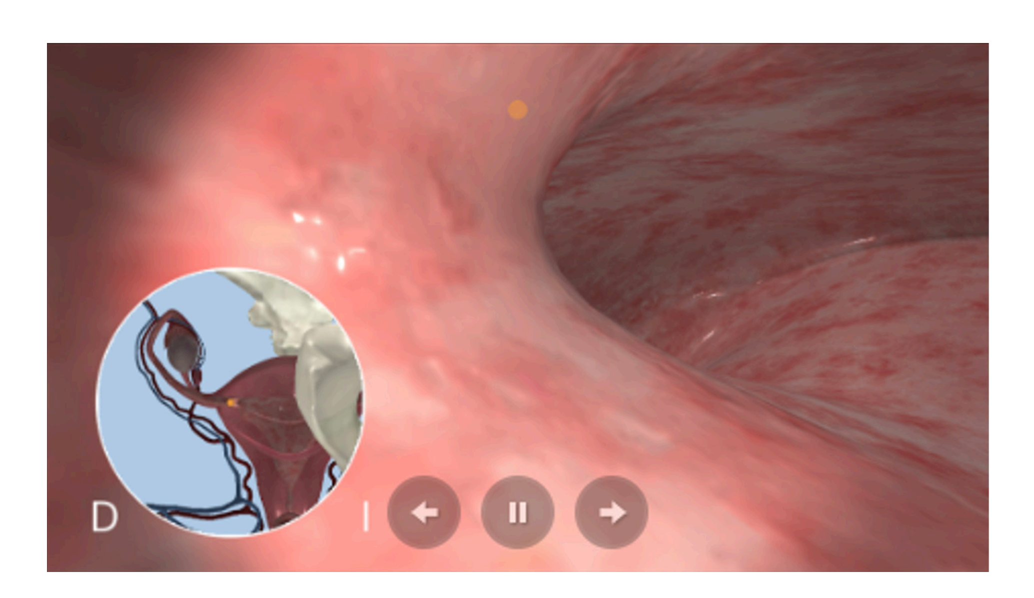
Ilustración de Anatomyou de amígdalas y zona orofaríngea



Nota. En la imagen se observa una visión directa de amígdalas y zona orofaríngea, ideal para identificar estructuras anatómicas relevantes para el proceso de intubación orotraqueal. Es una imagen representativa de lo que se puede visualizar al usar la aplicación con visor de realidad virtual. Tomado de App 3D Inmersiva de Anatomía Humana (2020) Anatomyou VR.

Figura 2

Ilustración de Anatomyou. Tracto reproductor femenino



Nota. Imagen representativa sobre el recorrido con acceso por un vaso sanguíneo para cubrir todo el aparato reproductor femenino para entrenamiento de procedimientos endoscópicos y endovasculares. Tomado de App 3D Inmersiva de Anatomía Humana (2020) Anatomyou VR.

La tecnología ha sido fundamental en la capacitación médica continua, y uno de los avances más prometedores es el uso de la realidad aumentada. Esta tecnología permite combinar el entorno real con elementos virtuales, creando una experiencia de aprendizaje inmersiva que se puede aplicar a diversas áreas de la medicina. El desarrollo de esta aplicación y otras más ha facilitado la evaluación detallada de distintas regiones anatómicas del cuerpo, permitiendo a los médicos y estudiantes comprender la anatomía involucrada en procedimientos invasivos y mejorar el entrenamiento quirúrgico.

Aplicación de la realidad aumentada y la realidad virtual en las ciencias disciplinarias de la medicina

El uso de la realidad aumentada en el ámbito académico se basa en la premisa de que el aprendizaje experiencial es más efectivo que el conocimiento adquirido únicamente a través de la observación pasiva. Según esta teoría, vivir una experiencia en un entorno interactivo y envolvente permite a los estudiantes asimilar conceptos de una manera más profunda y duradera. Se sugiere que los individuos adquieren una gran parte de su conocimiento a lo largo de su vida por medio de experiencias directas, las cuales ocurren de manera implícita, ya que en muchos casos no somos conscientes de que estamos aprendiendo en el proceso.

Parte de la formación médica proviene de experiencias directas durante la práctica clínica, donde los profesionales de la salud deben estar preparados para manejar escenarios complejos y críticos que pueden poner en riesgo la vida del paciente. Uno de los ejemplos más claros de estas situaciones es la respuesta ante un paro cardiorrespiratorio, considerado una de las urgencias médicas más graves. Todo médico debe estar capacitado para ofrecer soporte vital, ya sea básico o avanzado, pero enseñar estas habilidades no es sencillo si se limita a la teoría e ilustraciones, ya que los procesos complejos y las decisiones críticas son difíciles de transmitir sin una experiencia práctica. Esto representa un gran desafío en la enseñanza de la gestión de emergencias médicas como la reanimación cardiopulmonar (RCP) (Pimentel et al., 2023). Para superar esta barrera, la innovación en el campo de la salud y seguridad ha desarrollado cursos virtuales de RCP que utilizan realidad virtual y aumentada (Figura 3), los cuales son mucho más realistas y didácticos que los cursos tradicionales, permitiendo a los alumnos aprender con mayor eficacia las técnicas adecuadas para brindar una RCP de alta calidad.

Un ejemplo destacado de esta innovación es la plataforma Ludus®, una compañía originaria de España que ha expandido su presencia a lo largo de la república mexicana. Esta plataforma ofrece simulaciones de RCP diseñadas para centros educativos, hospitales y empresas, que abordan diversas situaciones realistas, tanto de manera guiada

como autónoma, con el objetivo de que los estudiantes practiquen en un entorno seguro y controlado, donde pueden mejorar sus habilidades y aumentar su confianza al enfrentarse a situaciones de emergencia. El objetivo final de este tipo de cursos es que el alumno sea capaz de responder con conocimiento, técnica y éxito cuando se encuentre ante un paro cardiorrespiratorio en la vida real, proporcionando así una atención oportuna y efectiva que pueda salvar vidas.

Figura 3

Escenario clínico. Formación de reanimación cardiopulmonar con realidad virtual



Nota. Imagen ilustrativa del equipo técnico necesario para curso de entrenamiento de soporte vital básico proporcionado por Ludus®. Tomada de Ludus Global (2024).

El Instituto Catalán de la Salud en España llevó a cabo un ensayo piloto aleatorizado para evaluar la eficacia de diferentes métodos de capacitación en cursos de certificación en soporte vital básico (BLS). En este estudio, se compararon dos grupos: el primero recibió entrenamiento tradicional basado en el uso de juegos de roles, mientras que el segundo se capacitó utilizando un programa de realidad virtual; este último, incluía el uso de una computadora personal, un torso de simulación profesional con sensores incorporados, gafas de realidad virtual y el software proporcionado por la plataforma Ludus®, que ofrece cinco escenarios virtuales para la simulación de situaciones de emergencia (Figura 4). Los resultados del ensayo concluyeron que la integración de este nuevo equipo de realidad virtual permite a los participantes consolidar una mayor cantidad de conocimientos en un corto plazo en comparación con el método tradicional de enseñanza (Figols et al., 2023).

Figura 4

Reanimación cardiopulmonar en escenario clínico por simulación



Nota. Esta imagen ilustra un escenario de realidad aumentada creada para entrenamiento de reanimación cardiopulmonar. Representa la imagen que tiene el estudiante sobre el busto de reanimación y su interacción por medio del visor de realidad virtual. Tomada de Ludus Global (2024).

La aplicación de nuevos métodos de aprendizaje que integren herramientas tecnológicas representa una evolución necesaria en la educación para estudiantes del área de la salud. En el caso de las maniobras de RCP, el uso de estas herramientas tecnológicas es particularmente beneficioso, dado que esta maniobra es una habilidad fundamental para la práctica médica.

Complicaciones para el uso de inteligencia artificial en el ámbito académico

Es importante considerar que, aunque muchas herramientas tecnológicas están disponibles de manera gratuita para los estudiantes, algunas requieren equipos especializados que no siempre son accesibles para todos debido a limitaciones económicas. Este desafío destaca la necesidad de que las instituciones educativas no solo se adapten a los nuevos estilos de enseñanza, sino que también garanticen el acceso equitativo a estas tecnologías, especialmente en el ámbito clínico de las ciencias de la salud. Las universidades deben asegurarse de que todos los estudiantes tengan igualdad de oportunidades para beneficiarse de estas innovaciones, independientemente de sus recursos económicos. Para lograrlo, es necesario promover la inclusión de distintos grupos demográficos, asegurando que el acceso a herramientas como la IA, la realidad virtual y la realidad aumentada no profundice las disparidades existentes entre diferentes sectores económicos. Diversos estudios sobre la curva de aprendizaje, la facilidad de uso y el grado de aceptación de estas tecnologías en la enseñanza han sido posibles gracias a la donación

de equipos para realidad mixta, compatibles con distintos tipos de software, lo que facilita su uso para múltiples aplicaciones y hace que sean más accesibles. Por lo tanto, es imprescindible que las universidades y demás instituciones educativas busquen soluciones inclusivas para satisfacer las necesidades de las nuevas generaciones de estudiantes, asegurando que todos reciban una educación de calidad.

La evidencia obtenida de estudios realizados en institutos de enseñanza demuestra que la integración de nuevas tecnologías en los modelos educativos actuales proporciona a los estudiantes una experiencia de aprendizaje mucho más atractiva en comparación con los métodos tradicionales, como los juegos de rol, presentaciones, imágenes o videos. Esto es especialmente beneficioso en procedimientos que requieren repetición para su comprensión y ejecución adecuada, ofreciendo además la certeza de recibir retroalimentación inmediata al finalizar cada práctica.

Una de las ventajas clave de utilizar equipos electrónicos y simuladores compatibles con realidad virtual y aumentada en la práctica médica es la reducción del riesgo de errores que podrían ocasionar daños a pacientes reales. Estos entornos virtuales seguros permiten a los estudiantes perfeccionar técnicas médicas y quirúrgicas, proporcionando una plataforma para el desarrollo de habilidades sin las consecuencias que implicarían fallos en un entorno clínico real.

Tradicionalmente, el aprendizaje de procedimientos técnicos y no técnicos se ha basado en la práctica repetida sobre pacientes reales, lo que conllevaba un amplio margen de error. Sin embargo, con el avance de la tecnología de realidad virtual y aumentada, los estudiantes pueden ahora practicar de manera eficaz en un entorno controlado, lo que les permite desarrollar habilidades y destrezas esenciales para la práctica médica sin el riesgo inherente de la enseñanza convencional. Además, la integración de tecnologías como la IAG y la realidad mixta prepara a los estudiantes para interactuar en un universo tecnológico en constante evolución, que se está adaptando progresivamente a las exigencias de los sistemas de salud actuales.

Referencias

Abbas, J. R., Kenth, J. J., & Bruce, I. A. (2020). The role of virtual reality in the changing landscape of surgical training. *Journal of Laryngology and Otology, 134*(10), 863–866. https://doi.org/10.1017/S0022215120002078

Condori, H., Borja, C. A., Saravia, R. A., Barzola, M. G., & Rodríguez, J. R. (2021). Efectos de la pandemia por coronavirus en la educación superior universitaria. *Conrado, 17*(82), 286–292.

Figols, M., Barra, A., Vidal-Alaball, J., Miro-Catalina, Q., & Forcada, A. (2023). Use of virtual reality compared to the role-playing methodology in basic life support training: a two-arm pilot community-based randomised trial. *BMC Medical Education, 23*(1), 1–8. https://doi.org/10.1186/s12909-023-04029-2

Garay, U., Tejada, E., & Castaño, C. (2016). Percepciones del alumnado hacia el aprendizaje mediante objetos educativos enriquecidos con realidad aumentada. *Edmetic, 6*(1), 145). https://doi.org/10.21071/edmetic.v6i1.5812

García, L. L., Porras, D. R., Gallegos, J. R. A., Millán, F. L., Torre, H. A. L. D. La, & Ortiz, C. E. (2020). Realidad Virtual como técnica de enseñanza en Educación Superior: perspectiva del usuario TT. *Enseñanza & Teaching, 38*(1), 111–123. https://www.proquest.com/scholarly-journals/realidad-virtual-como-técnica-de-enseñanza-en/docview/2518755114/se-2?accountid=120697

Ludus Global. (2024). *RCP Reanimación cardiopulmonar.* https://www.ludusglobal.com/rcp

Millán, J. (2021). Influencia de la pandemia por COVID-19 en la formación médica. *Revista de Medicina y Cine, 16*(e), 25–31. https://doi.org/10.14201/rmc202016e2531

Pedró, F. (2020). COVID-19 y educación superior en América Latina y el Caribe. Efectos, impactos y recomendaciones políticas. *Fundación Carolina,* 1–15. https://n9.cl/rft5

Pimentel, M. J., Zambrano, B. M., Mazzini, K. A., & Villamar Cárdenas, M. A. (2023). Realidad virtual, realidad aumentada y realidad extendida en la educación. *Recimundo, 7*(2), 74–88. https://doi.org/10.26820/recimundo/7.(2).jun.2023.74-88

Rodríguez, M. (2020). La educación médica en tiempos del COVID-19. *Revista Médica Herediana, 31*(3), 143–147.

10 El uso de la inteligencia artificial en la elaboración de materiales didácticos para la enseñanza de lenguas

Nahum Samperio Sánchez @, Mayús Loaiza Espinosa @
y María del Carmen Arcos Martínez @

En el complejo proceso de enseñanza de lenguas, la integración de elementos que promuevan un aprendizaje efectivo, la creación de un entorno de aprendizaje propicio y la motivación constante de los estudiantes son aspectos esenciales. Un factor clave para lograr estos objetivos es el material didáctico utilizado en las actividades diseñadas para los alumnos, el cual debe ser atractivo, interesante y desafiante. En consecuencia, la habilidad para crear materiales didácticos específicos se convierte en una competencia indispensable para los docentes de lenguas; esta tarea implica la creación de materiales visuales, textos, audios y otros recursos que no solo faciliten el desarrollo de habilidades lingüísticas, sino que también mantengan la motivación y contribuyan a un ambiente positivo en el aula. Sin embargo, la elaboración de estos materiales puede representar un desafío significativo para los docentes.

En este contexto, la inteligencia artificial (IA) se destaca como una herramienta invaluable para los docentes, ya que permite la creación de materiales adaptados a las necesidades específicas de los estudiantes, superando las limitaciones de los libros de texto usados para la enseñanza. Un ejemplo concreto es la generación automatizada de cuestionarios, textos, ejercicios, entre otros, a través de aplicaciones de IA, como los modelos de lenguaje. Esta capacidad de generación automatizada puede ser ejemplificada mediante el uso de herramientas como ChatGPT o BARD, entre otros, que ofrecen capacidades avanzadas de generación de texto; además, la IA puede ayudar a la creación de imágenes, audios o presentaciones. La implementación de la IA no solo amplía las posibilidades creativas, sino que también contribuye a la optimización del tiempo y esfuerzo dedicados a la elaboración de materiales didácticos.

Desarrollo

La IA está transformando el panorama educativo y el proceso de enseñanza de lenguas no es ajeno a estos avances. Según Escobar (2021), el aumento del uso de esta herramienta se debe a sus efectos revolucionarios en la vida diaria, destacando la necesidad de considerar su aplicación en la enseñanza de lenguas extranjeras. No obstante, es crucial resaltar aún más el papel crítico del docente en la adaptación y supervisión de los materiales generados a través de esta herramienta. La capacidad de adaptarse a las nuevas posibilidades que la IA ofrece se convierte en una necesidad imperativa para profesionales dedicados a la enseñanza de lenguas.

La adopción de herramientas proporcionadas mediante IA no solo permite mantenerse a la vanguardia de las prácticas educativas, sino que también abre la puerta a un abanico de oportunidades para potenciar el desarrollo de habilidades lingüísticas en estudiantes de manera más efectiva y eficiente. En este sentido, la UNESCO asegura que la IA "tiene la capacidad de hacer frente a algunos de los mayores desafíos que afronta, hoy en día, el ámbito de la educación, y de desarrollar prácticas de enseñanza y aprendizaje innovadoras" (Interempresas, 2021, párr.1). De esta manera, en el ámbito educativo, la IA ofrece soluciones innovadoras en la enseñanza de lenguas, ya que presenta oportunidades para mejorar la eficacia de la instrucción y potenciar el aprendizaje de los estudiantes.

La elaboración de materiales didácticos requiere que el docente no solo posea habilidades pedagógicas, sino también una capacidad creativa e innovativa; en este sentido, la IA emerge como un recurso invaluable para el docente. Según el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (2022), la IA permite a los docentes crear materiales de aprendizaje personalizados, adaptados a las necesidades de los estudiantes y ajustados a diferentes ritmos y estilos de aprendizaje, facilitando así la interiorización del conocimiento.

Materiales didácticos en la enseñanza de lenguas

Los materiales didácticos, también conocidos como recursos didácticos o medios educativos, desempeñan un papel importante en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Según Prats (1997), aunque existen diversos términos para referirse a estos recursos, todos convergen en su objetivo principal: facilitar el proceso educativo. Este autor destacó que el material didáctico más adecuado es aquel que promueve el aprendizaje de habilidades intelectuales, el dominio de técnicas disciplinarias y la construcción de conocimiento. Por su parte, Vargas (2017) señaló que los materiales didácticos son variados y van más allá de una definición estricta o universal. Su función principal es adaptarse a las necesidades

específicas de los alumnos para facilitar el aprendizaje; además, actúan como catalizadores de motivación tanto para la enseñanza como para el aprendizaje, estimulando el interés de los estudiantes. Esto significa que, más allá de facilitar la adquisición de conceptos y el desarrollo de procedimientos, también contribuyen a la formación de actitudes, proporcionando un ambiente propicio para el desarrollo de una segunda lengua. Sin embargo, la eficacia de los materiales didácticos depende en gran medida del uso que hagan los docentes de ellos y, en consecuencia, en el aprendizaje de los estudiantes.

De acuerdo con Vargas (2017), los materiales didácticos (i. e., materiales audiovisuales, medios informáticos y soportes físicos) refuerzan la actuación del docente, optimizando el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula. Por otro lado, la incorporación de materiales didácticos en el contexto de la enseñanza de lenguas proporciona una mayor facilidad de aprendizaje, impacto positivo, acceso a un mundo globalizado, pérdida de vergüenza en la comunicación, mejores resultados académicos y mayor empleabilidad en el futuro. Por lo tanto, la inclusión de materiales didácticos en la enseñanza de lenguas, particularmente en el aprendizaje del inglés, crea un entorno educativo enriquecido que favorece el proceso de enseñanza-aprendizaje y responde a las necesidades específicas de los estudiantes. Por ello, la selección y uso reflexivo y contextualizado adecuado de materiales didácticos contribuye significativamente a la efectividad del proceso educativo.

Desarrollo de materiales didácticos

Tal como indicó Morales (2021), la creación de materiales didácticos se considera una tarea fundamental para los profesores, destacando la relevancia intrínseca de esta labor en el ámbito educativo. No es un trabajo sencillo, ya que implica consideraciones complejas al momento de diseñarlos, seleccionarlos y adaptarlos a las necesidades de los estudiantes. Tomlinson (2022) estableció que, en el contexto de la enseñanza de lenguas extranjeras (LE), los materiales didácticos abarcan una amplia variedad de recursos que tanto docentes como estudiantes utilizan para facilitar el aprendizaje del idioma. Estos materiales pueden tener diversos formatos, como libros, imágenes, textos, diccionarios, videos, audios, entre otros, y se seleccionan o diseñan de manera intencional para desarrollar las habilidades del lenguaje.

Dado que los profesores tienen un contacto directo con los estudiantes, poseen un conocimiento más profundo de sus necesidades e intereses; esto les otorga la capacidad única de desempeñar un papel activo en el desarrollo y adaptación de estos materiales, asegurando que respondan al contexto de aprendizaje y a los objetivos educativos específicos (Tomlinson, 2022).

En el proceso de elaboración de materiales didácticos, es esencial considerar factores como los objetivos, las necesidades de aprendizaje de los estudiantes y los procesos cognitivos a fortalecer, según señaló el Instituto Cervantes (2022). Desde esta perspectiva, los materiales didácticos efectivos deben cumplir con ciertas características, entre las que se incluyen: la coherencia, la adecuación, la significatividad, la autonomía, la flexibilidad y adaptabilidad, el equilibrio, la gradación, la autenticidad, la contextualización y la claridad (Instituto Cervantes, 2022).

Jolly y Bolitho (2011) delinearon un proceso de cinco etapas en la creación de materiales didácticos; estas etapas comprenden la identificación de una necesidad, la exploración de las áreas de conocimiento relevantes, la adaptación al contexto para encontrar el entorno adecuado, la realización pedagógica para tomar decisiones sobre la presentación del contenido y, finalmente, la producción física centrada en aspectos técnicos del diseño. Asimismo, las consideraciones para el desarrollo de materiales didácticos abarcan diversos aspectos, siendo el objetivo de aprendizaje el punto de partida (Samperio & Loaiza, 2023); este objetivo puede variar, según el propósito educativo, ya sea para que los estudiantes adquieran conocimientos, comprendan y retengan información, memoricen datos, evalúen y analicen información existente, generen nuevas ideas, practiquen habilidades o apliquen información previa a situaciones concretas. Por lo tanto, la definición clara de estos objetivos es importante, ya que establece la dirección del proceso de selección y diseño de los materiales didácticos.

Por su parte, la manipulabilidad del material didáctico es un aspecto clave, ya que permite que los estudiantes interactúen activamente con los contenidos, lo cual favorece una comprensión más profunda y mejora la retención de la información. Asimismo, su estética también juega un papel esencial; un diseño visual atractivo puede generar un ambiente de aprendizaje positivo y estimulante, estableciendo una conexión emocional favorable entre el estudiante y el contenido. En este contexto, las características de un material didáctico eficaz adquieren gran relevancia; por ello, es imperativo que el material sea interesante para el estudiante, capturando su atención y motivándolo a participar activamente en el proceso de aprendizaje.

Rol del docente en la elaboración de materiales didácticos con IA

El rol del docente en la creación de materiales didácticos apoyados por IA para la enseñanza de idiomas es vital. Según Tomlinson (2022), los profesores no se limitan a utilizar los materiales existentes, también actúan como creadores, participando directamente en el diseño y adaptación de estos recursos; este proceso requiere que los docentes tomen en cuenta una serie de consideraciones específicas, lo que implica un conocimiento profundo del contenido y de las necesidades de los estudiantes.

Sin embargo, aunque la IA se ha posicionado como una herramienta de gran valor para la elaboración de materiales didácticos, incorporarla en la enseñanza de lenguas trae consigo desafíos para los docentes. Los materiales didácticos elaborados con el apoyo de esta herramienta deben ser cuidadosamente revisados y adaptados para alinearse con los objetivos de aprendizaje, el contexto y las necesidades de los estudiantes. Por ello, Tafoya (2023) resaltó la importancia de capacitar a los educadores en la alfabetización tecnológica para que puedan utilizar esta herramienta efectivamente en el aula. Ampliando esta perspectiva, Rivas et al. (2023) señalaron que la alfabetización tecnológica puede lograrse fomentando las competencias digitales en los docentes y comprendiendo el contexto del desarrollo tecnológico y sus múltiples posibilidades e implicaciones. En este sentido, es responsabilidad del docente asegurar que la IA se utilice de manera que enriquezca el aprendizaje y apoye al estudiante en la adquisición de la lengua.

La efectividad de los materiales didácticos generados por IA depende en gran medida de la capacidad del docente para diseñar y proporcionar *prompts* claros y precisos, específicamente en sistemas de IA que generan contenido educativo, como *chatbots* educativos, sistemas de tutoría virtual o generadores de ejercicios y evaluaciones. Estos prompts son directrices que deben reflejar no solo los objetivos de aprendizaje y el contexto cultural de los estudiantes, sino también el nivel de dificultad lingüística y los parámetros específicos del contenido a generar. Según Morales-Chan (2023), un prompt bien definido es fundamental para una interacción efectiva con la IA, garantizando que el contenido producido esté alineado con los intereses educativos y las necesidades de los estudiantes. Este enfoque meticuloso en la formulación de prompts asegura que los materiales no solo sean pertinentes y coherentes con los objetivos de aprendizaje y el desarrollo de habilidades lingüísticas, sino que también sean atractivos y motivantes para los estudiantes.

Como se estableció anteriormente, los materiales didácticos deben proveer al estudiante una aproximación a la realidad de lo que se enseña, especialmente en el aula de lenguas, donde el objetivo principal es fomentar la comunicación efectiva. En este aspecto, Chicaiza et al. (2023) advirtieron sobre los sesgos culturales y lingüísticos presentes en los modelos de IA, así como la falta de interacción humana genuina que pueden presentar; por tanto, los materiales didácticos generados por IA podrían estar descontextualizados y reflejar un uso del idioma que no es natural o realista, limitando su eficacia para el aprendizaje. Además, Baskara y Mukarto (2023) destacaron que el contenido creado por IA puede carecer de los matices humanos necesarios para tratar aspectos abstractos del lenguaje, lo que podría llevar a la generación de textos inapropiados o sesgados. Por estas razones, el rol del docente en la elaboración y supervisión de materiales didácticos creados con ayuda de esta herramienta es fundamental.

En suma, la IA contribuye a la optimización de tiempo y esfuerzo necesarios para la elaboración de materiales didácticos en la enseñanza de lenguas; sin embargo, también presenta limitaciones que requieren ser consideradas. Se debe equilibrar el uso de la IA con el conocimiento del docente, así como fomentar una práctica reflexiva y crítica sobre el uso de estas herramientas. En este sentido, la IA no debe verse como un sustituto del docente, sino más bien como una herramienta complementaria que realza la importancia del rol del educador, asegurando que en la enseñanza de idiomas se integren elementos que fomenten un aprendizaje efectivo. Tal como señalaron Ausat et al. (2023), "La tecnología sólo puede ser una herramienta y no puede reemplazar por completo el papel del docente. Por tanto, es necesario integrar la tecnología en el aprendizaje de forma adecuada y eficaz y desarrollar competencias en los docentes" (p.16100).

Generadores de contenido con IA para la elaboración de materiales

Un aspecto destacado de la IA es la capacidad para desarrollar y adaptar materiales didácticos; por ello, el uso de programas de IA se ha convertido en una herramienta invaluable para los docentes que buscan crear materiales didácticos efectivos para el aula. Entre estas herramientas, *Lumen5* destaca por su capacidad para analizar textos y transformarlos en videos dinámicos, empleando algoritmos de inteligencia artificial para reconocer palabras clave y conceptos destacados. *Elai.io* es una aplicación que utiliza la inteligencia artificial para crear presentaciones en formato de video e incluso con presentadores creados con la misma IA. Del mismo modo, *Beautiful.ai* utiliza IA para diseñar automáticamente diapositivas y elementos visuales atractivos basados en el contenido que se ingrese. Por otro lado, *Cognii* y *Quillionz* facilitan la elaboración de cuestionarios y actividades interactivas con análisis y retroalimentación automática de respuestas que el docente puede aplicar en el aula y de manera sistemática con sus estudiantes. Del mismo modo, *ChatGPT* y *BARD* ofrecen capacidades avanzadas de generación de texto, permitiendo la creación de material escrito contextual y creativo. Una herramienta en especial de gran utilidad para el docente es *PlayPosit*, que emplea IA para crear contenido interactivo en forma de videolecciones. *Quizgecko* y *OpExams* son aplicaciones que emplean IA para generar cuestionarios y ejercicios adaptados, y *SkyBox AI* utiliza esta tecnología para crear imágenes interactivas enriquecidas con enlaces y videos. *Knewton* es una plataforma que hace uso de la IA para personalizar los cursos digitales, ajustando el contenido en tiempo real conforme avanza el progreso del estudiante. *Microsoft Forms* con *AI Insights* integra atributos de IA para ofrecer análisis de datos y retroalimentaciones avanzadas sobre las respuestas del formulario. Estas herramientas ofrecen a los docentes opciones diversas y sofisticadas para desarrollar materiales didácticos adaptados y atractivos que respaldan el aprendizaje de idiomas en el aula.

La integración de la IA en la creación de materiales didácticos ha revolucionado la enseñanza, especialmente en áreas clave como la comprensión auditiva, la lectura y la visualización. En este contexto, los generadores de texto y audio, tarjetas, texto e imágenes impulsados por IA ofrecen beneficios para personalizar el aprendizaje, mejorar la retención de información y enriquecer la experiencia educativa en el aula.

Generadores de audio

Los materiales didácticos para desarrollar la comprensión auditiva son recursos educativos diseñados para mejorar la capacidad de los estudiantes para entender y procesar información oral; estos materiales buscan estimular la percepción auditiva y promover la comprensión efectiva de mensajes hablados. Los materiales generados con IA permiten la personalización y diversificación de contenido creando las condiciones para que el estudiante desarrolle habilidades y sub-habilidades de comprensión oral. Tecnologías de IA como *ReadSpeaker, TTSMaker, Murf.ai* permiten crear texto en audio con tonos de voz realistas.

Generadores de tarjetas (*Index cards*)

Las tarjetas conocidas como *index cards* o *flashcards* son pequeñas fichas de cartulina o papel, útiles en diversas dinámicas educativas, que permiten a los profesores presentar a los estudiantes diferentes tipos de información, incluyendo el vocabulario y la pronunciación. Estas tarjetas facilitan la organización visual y la clasificación de información; por ello, son ideales para juegos educativos que fomentan la participación. Aplicaciones como *Knowt* o *Cram* dan al docente la oportunidad de desarrollar tarjetas para la presentación de información en el aula.

Generadores de texto

Los materiales didácticos para la comprensión lectora en el aula incluyen libros, textos auténticos y recursos visuales, que proporcionan un estímulo visual y contextual que despierta el interés de los estudiantes. La generación de texto con IA permite adecuar los textos a las necesidades lingüísticas de los estudiantes, maximizando la experiencia de lectura y la comprensión lectora al exponer a los estudiantes a diferentes estilos y expresiones literarias creadas con IA. Tecnologías como *ChatGPT, Smodin, Copyter* o *YOU* permiten al docente no solo crear cuestionarios, *quizzes* o listas de vocabulario específico, sino que también permite crear textos adecuados a las necesidades específicas como vocabulario, gramática e inclusive tono del escrito.

Generador de imágenes

Los materiales visuales son esenciales en el aula de lenguas debido a que refuerzan la comprensión auditiva y la retención del vocabulario mediante estímulos visuales. La variedad de recursos visuales es de gran utilidad, ya que se adapta a diferentes estilos de aprendizaje, facilitando la comprensión y memorización de conceptos abstractos. El diseño de visuales con IA permite a los docentes ser específicos en el estímulo que desean proyectar a sus estudiantes. Aplicaciones de IA como *StableDifusion*, *LensGo AI* y *Bing* permiten crear imágenes basadas en la descripción de las necesidades.

Desventajas en el uso de IA

Es imperativo hacer notar que la posible falta de creatividad y originalidad de la IA es una limitación importante, ya que esta puede carecer de la inventiva humana necesaria para crear materiales didácticos estimulantes; en este sentido, la generación automática de materiales a través del uso de la IA plantea desafíos significativos. La automatización en la creación de recursos puede llevar a la pérdida de creatividad y originalidad, haciendo que los materiales se vuelvan predecibles; además, el uso excesivo de la IA en la elaboración de estos recursos didácticos puede generar una desconexión crucial entre el docente y el estudiante. La comprensión de las necesidades individuales de los estudiantes es esencial para el proceso de enseñanza y aprendizaje; al respecto, aunque la IA es capaz de personalizar el contenido, puede no abordar completamente las necesidades académicas en el aula y esta falta de comprensión podría resultar en adaptaciones ineficaces y en una experiencia educativa menos enriquecedora.

También, la IA puede mostrar limitaciones en la comprensión del contexto cultural y social específico de un aula y la dependencia tecnológica pueden conducir a la generación de materiales que no se adaptan de manera efectiva a las necesidades particulares de los estudiantes y del entorno educativo. En este contexto, se destaca la importancia del papel activo del docente en la adaptación de los materiales generados por la IA; para ello, es necesario que el docente revise y edite meticulosamente los resultados proporcionados por esta herramienta para superar las limitaciones y garantizar que los materiales didácticos sean efectivos. De este modo, el trabajo del docente en la adaptación de los materiales generados por la IA se convierte en un componente necesario y obligatorio para mitigar las fallas en el material diseñado.

Conclusión

La capacidad de la IA para generar materiales adaptados a las necesidades específicas de los estudiantes proporciona a los docentes oportunidades valiosas para mejorar la eficacia del proceso de enseñanza-aprendizaje. La automatización en la creación de ma-

teriales antes mencionados no solo amplía las posibilidades creativas, sino que también optimiza el tiempo y esfuerzo dedicados en la elaboración de materiales didácticos; no obstante, es necesario que los docentes asuman un papel activo en la adaptación de estos materiales. Aunque la IA ofrece herramientas sofisticadas y diversas, la creatividad humana, la adaptación contextual y la comprensión de las necesidades específicas de los estudiantes son elementos esenciales que el docente debe considerar, ya que la IA no puede reemplazarlos por completo.

En suma, la formación de los docentes en alfabetización tecnológica, incluyendo la IA, se vuelve crucial para garantizar un uso efectivo. La tecnología se presenta como una herramienta valiosa que, cuando se integra adecuadamente, puede enriquecer la experiencia educativa y mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

Referencias

Ausat, A. M. A., Massang, B., Efendi, M., Nofirman, N., & Riady, Y. (2023). Can chat GPT replace the role of the teacher in the classroom: A fundamental analysis. *Journal on Education, 5*(4), 16100-16106.

Baskara, F. R., & Mukarto, F. X. (2023). Exploring the Implications of ChatGPT for Language Learning in Higher Education. *IJELTAL (Indonesian Journal of English Language Teaching and Applied Linguistics), 7*(2), 343-358.

Chicaiza, R. M., Castillo, L. A. C., Ghose, G., Magayanes, I. E. C., & Fonseca, V. T. G. (2023). Aplicaciones de Chat GPT como inteligencia artificial para el aprendizaje de idioma inglés: avances, desafíos y perspectivas futuras. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 4*(2), 2610-2628.

Escobar, J. C. (2021). La Inteligencia Artificial y la Enseñanza de Lenguas: una aproximación al tema. *Revista de Lingüística y Lenguas Aplicadas, 7*(2).

Interempresas. (2021). *La UNESCO apoya el despliegue de la Inteligencia Artificial en las aulas.* https://www.interempresas.net/Tecnologia-aulas/Articulos/366985-La-UNESCO-apoya-el-despliegue-de-la-Inteligencia-Artificial-en-las-aulas.html

Instituto Cervantes. (2022). *Quiénes somos.* https://www.cervantes.es/sobre_instituto_cervantes/informacion.htm

Jolly, D., & Bolitho, R. (2011). A framework for materials writing. En B. Tomlinson, (Ed.), *Materials Development in Language Teaching* (pp. 107-134). Cambridge.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2022). *Aplicaciones de la inteligencia artificial en la educación*. Colombia aprende. https://www.colombiaaprende.edu.co/agenda/tips-y-orientaciones/aplicaciones-de-la-inteligencia-artificial-en-la-educacion#:~:text=Mediante%20la%20Inteligencia%20Artificial%20es,la%20labor%20de%20los%20docentes

Morales, B. U. L. (2021). *Reflexiones iniciales para el diseño de materiales de Español como Lengua Extranjera (ELE).* CEPE.

Morales-Chan, M. A. (2023). *Explorando el potencial de Chat GPT: Una clasificación de Prompts efectivos para la enseñanza.* http://biblioteca.galileo.edu/tesario/handle/123456789/1348

Prats, J. (1997). El nuevo modelo curricular y la elección del libro de texto. En L. Arranz (Coord.), *El libro de texto: materiales didácticos*. Universidad Complutense de Madrid.

Rivas, A., Buchbinder, N., & Barrenechea, I. (2023). *El futuro de la Inteligencia Artificial en educación en América Latina.* ProFuturo y (OEI).

Samperio, N., & Loaiza, M. (2023). The learning outcomes in classroom activities in EFL teaching. *Research, Society and Development, 12*(13), e129121344427. https://doi.org/10.33448/rsd-v12i13.44427

Tafoya, E. (2023). IA, retos y desafíos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Gaceta Políticas*, (296), 4-8. https://www.politicas.unam.mx/gacetas/gaceta296.pdf

Tomlinson, B. (2022). The discipline of materials development. En J. Norton, & H. Buchanan (Ed.), *The Routledge Handbook of Materials Development for Language Teaching* (pp. 3-16). Routledge.

Vargas, G. (2017). Recursos educativos didácticos en el proceso enseñanza aprendizaje. *Cuadernos Hospital de Clínicas, 58*(1), 68-74. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1652-67762017000100011&lng=es&tlng=es

11 IA en el aula. Navegando el aprendizaje asíncrono

Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas @, *Maximiliano De Las Fuentes Lara* @ *y Adrián Alberto Aguilar Salinas* @

La evolución pedagógica en el ámbito de la educación en ingeniería se convierte en un pilar esencial en la superación de desafíos inherentes a esta disciplina. La adopción de estrategias didácticas innovadoras, que aprovechen la tecnología y la adaptabilidad, facilitan el éxito académico y permiten a los estudiantes superar los desafíos específicos de aprendizaje en campos STEM (acrónimo en inglés de los términos ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). Particularmente, el trabajo de Duyver et al. (2023) sobre la descomposición de habilidades de resolución de problemas implementadas en una herramienta de *e-learning* adaptativa ilustra cómo la aplicación de estrategias pedagógicas innovadoras, respaldadas por tecnologías avanzadas, puede enriquecer la experiencia educativa en ingeniería. De manera similar, el estudio de Samonte et al. (2023) sobre un tutor virtual basado en la personalidad para sistemas de aprendizaje en línea resalta cómo la personalización del aprendizaje mediante IA puede mejorar la experiencia educativa de los estudiantes en áreas técnicas.

En este contexto, la implementación de objetos de aprendizaje en la enseñanza de programación informática emerge como una táctica eficaz para reforzar la comprensión de los estudiantes en áreas de alta demanda técnica (Begoso et al., 2024). Adicionalmente, estrategias como el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje basado en proyectos y la ludificación han resaltado la importancia de estas innovaciones pedagógicas en las ingenierías (Rodeghiero & Gonçalves, 2024).

La inteligencia artificial (IA), como herramienta para el aprendizaje asíncrono, presenta un horizonte prometedor para la educación en ingeniería al personalizar el proceso de aprendizaje, así como adaptarse al ritmo y estilo individual de cada estudiante (Ghafouri, 2024; Wang et al., 2024). Este enfoque integral no solo contribuye a la mejora del desempeño académico y la comprensión conceptual de los estudiantes, sino que también prepara a los docentes para una implementación efectiva de estas tecnologías, asegurando un impacto positivo y duradero en el ámbito educativo.

La integración de la IA en la educación ha revolucionado los métodos de enseñanza y aprendizaje, abriendo oportunidades sin precedentes para personalizar la educación mediante retroalimentación adaptativa y apoyo en la formación docente. Este avance ha enriquecido la experiencia educativa notablemente, posicionando a la IA como un pilar para la innovación en la educación superior y promoviendo prácticas de enseñanza más inclusivas y accesibles (Al Mnhrawi & Alreshidi, 2023; Bolaño-García & Duarte-Acosta, 2024; Valencia & Figueroa, 2023).

El empleo de IA en el aula destaca por su capacidad para personalizar el aprendizaje, adaptando contenido y actividades a las necesidades y estilos de aprendizaje de cada estudiante. Esta personalización facilita una retroalimentación inmediata y detallada, permitiendo a los estudiantes recibir comentarios sobre su desempeño y áreas de mejora de manera eficiente (Al Mnhrawi & Alreshidi, 2023; Bolaño-García & Duarte-Acosta, 2024).

No obstante, la personalización del aprendizaje mediante la IA no solo mejora la accesibilidad y equidad educativa, sino que también enfrenta grandes desafíos; entre ellos, se incluye la necesidad de asegurar la calidad de los datos y ofrecer formación adecuada a docentes y estudiantes para una implementación responsable de la IA (Bolaño-García & Duarte-Acosta, 2024; González-Sánchez et al., 2023; Muñoz-Basols et al., 2023).

Al respecto, es imperativo abordar los desafíos éticos y de integridad académica que surgen con la adopción de la IA en entornos educativos. La enseñanza y aprendizaje de las técnicas de IA entre docentes y estudiantes, junto con un enfoque ético en la aplicación de estas herramientas, es determinante para maximizar sus beneficios y minimizar los riesgos potenciales (Girgin Sağın et al., 2023), así como para asegurar que su integración no solo mejore la accesibilidad y personalización de la educación, sino que también promueva prácticas de enseñanza y aprendizaje responsables.

La actitud generalmente positiva de los docentes hacia la IA y la integración de herramientas avanzadas de IA en la práctica docente siguen siendo un desafío; por ello, se resalta la necesidad crítica de programas de formación específicos que capaciten a los docentes para un uso más amplio y efectivo de estas tecnologías, garantizando así una implementación exitosa en el aula (Galindo-Domínguez et al., 2024). A medida que navegamos por el aprendizaje asíncrono y otras modalidades educativas emergentes, se deberá continuar evaluando y adaptando nuestras estrategias educativas para incorporar efectivamente la IA, enriqueciendo así el proceso de enseñanza-aprendizaje y manteniendo un enfoque centrado en el estudiante.

El aprendizaje asíncrono y la IA en contextos educativos

La era digital ha generado una transformación excepcional en la educación, especialmente notable en el dominio del aprendizaje en línea. Entre las modalidades emergen-

tes, el aprendizaje asíncrono ofrece oportunidades únicas tanto para estudiantes como para docentes, incluyendo la flexibilidad para adaptar los entornos de aprendizaje a necesidades específicas, promoviendo el aprendizaje en contextos auténticos; esta flexibilidad se alinea con la idea de que el aprendizaje asíncrono puede adaptarse a las circunstancias individuales, permitiendo a los estudiantes elegir combinaciones óptimas de herramientas y espacios que se ajusten mejor a sus objetivos de aprendizaje (Mayer et al., 2024). Sin embargo, este entorno plantea el desafío de crear espacios de aprendizaje que se ajusten dinámicamente a los variados estilos y necesidades de aprendizaje de los estudiantes; en este marco, la IA ofrece herramientas y sistemas que personalizan la experiencia de aprendizaje, brinda retroalimentación adaptativa y habilita la tutoría inteligente (Bonk & Zhang, 2008). Estos avances aprovechan el análisis de datos y algoritmos sofisticados para facilitar una instrucción personalizada, elevando la accesibilidad y la eficacia del aprendizaje (González-Sánchez et al., 2023; Zhou et al., 2020). Concretamente, los sistemas de tutoría inteligente utilizan IA para analizar el progreso y los desafíos de los estudiantes, proponiendo recomendaciones y actividades personalizadas que responden a sus necesidades específicas (Yang & Tao, 2020).

La integración de la IA en la educación, en particular en el contexto del aprendizaje asíncrono, ha surgido como una fuerza transformadora, ofreciendo oportunidades para la personalización del proceso educativo. Adaptando el contenido y la retroalimentación al ritmo y estilo de aprendizaje de cada estudiante, la IA facilita una experiencia de aprendizaje personalizada y efectiva; este enfoque es especialmente valioso en el aprendizaje asíncrono, donde la autonomía y el soporte adicional son esenciales para navegar con éxito a través del contenido educativo (Girgin Sağın et al., 2023).

Sin embargo, el potencial de la IA para revolucionar la educación en línea no está exento de desafíos, especialmente en áreas como la privacidad, la equidad y la comprensión del comportamiento humano en entornos digitales de aprendizaje (Bates, 2005). Por lo tanto, es imperativo abordar estas cuestiones éticas, garantizando que la tecnología beneficie a todos los estudiantes de manera justa y sin perpetuar sesgos existentes (González-Sánchez et al., 2023). Además, la dependencia en algoritmos para personalizar el aprendizaje suscita preguntas sobre la capacidad de estos sistemas para promover el desarrollo de habilidades críticas y creativas, esenciales en la sociedad del siglo XXI.

Frente al impacto potencial de estas tecnologías, tanto los docentes como los responsables de políticas educativas deben comprender estas preocupaciones y asegurar que la implementación de la IA enriquezca la experiencia educativa, complementando —en lugar de reemplazar— la interacción humana en el proceso de aprendizaje. Por lo tan-

to, la formación y preparación adecuada de los docentes para integrar la IA de manera ética en sus prácticas pedagógicas es un componente crítico para aprovechar al máximo los beneficios de estas tecnologías emergentes (González-Sánchez et al., 2023).

Implicaciones prácticas y teóricas para el futuro de la educación

El aprendizaje asíncrono, en conjunto con la IA, constituye un binomio fundamental para la evolución contemporánea de la educación; proporciona a los estudiantes la libertad de acceder al contenido y participar en actividades educativas ajustadas a sus horarios y preferencias individuales, eliminando las barreras temporales y espaciales (Ghafouri, 2024). Paralelamente, la IA emerge como una herramienta transformadora, capaz de personalizar el aprendizaje mediante tutorías inteligentes y adaptativas, evaluaciones automatizadas y la generación de contenido a medida, que se adapta a las necesidades y estilos de aprendizaje de cada individuo (Zhou et al., 2020); este enfoque no solo mejora la accesibilidad y efectividad del aprendizaje, sino que también fomenta un enfoque educativo más centrado en el estudiante, propiciando experiencias de aprendizaje más profundas y significativas.

Las aplicaciones prácticas de la IA, como las tutorías inteligentes y las evaluaciones automatizadas, junto con adaptaciones curriculares en tiempo real, incrementan la eficiencia del aprendizaje y promueven la autonomía estudiantil, permitiendo a los estudiantes avanzar a su propio ritmo fuera de las aulas tradicionales (Galindo-Domínguez et al., 2024; Zhou et al., 2020). Este nuevo paradigma educativo no solo hace el aprendizaje más inclusivo y accesible, sino que también prepara a los estudiantes para el futuro, equipándolos con las habilidades y conocimientos necesarios para prosperar en un mundo cada vez más tecnológico y automatizado.

La importancia de personalizar el aprendizaje en disciplinas de ingeniería

La personalización del aprendizaje en las disciplinas de ingeniería trasciende de ser una mera preferencia pedagógica para convertirse en una necesidad, dirigida a abordar la amplia diversidad en habilidades, antecedentes y estilos de aprendizaje de los estudiantes. Dado el enfoque de la ingeniería en la aplicación práctica de conocimientos, un modelo educativo que se adapte individualmente al ritmo y nivel de dificultad de cada estudiante, y que a su vez vincule el contenido con experiencias prácticas, es de beneficio incalculable (Bransford et al., 2000; Johnson et al., 2007).

Con la irrupción de tecnologías emergentes, especialmente la IA, se han abierto nuevos horizontes para llevar la personalización del aprendizaje en ingeniería a niveles notables. La IA ha habilitado el desarrollo de sistemas de tutoría inteligentes y adaptati-

vos, proporcionando a los estudiantes experiencias de aprendizaje a medida que responden a sus necesidades específicas en tiempo real; tales sistemas son capaces de guiar a los estudiantes a través de proyectos prácticos complejos, simulaciones y ejercicios que simulan desafíos reales, preparándolos así para la aplicación de sus conocimientos en futuros contextos profesionales (Freeman et al., 2014; Chen, Wang & Chen, 2010).

La habilidad de la IA para procesar y analizar grandes volúmenes de datos sobre el comportamiento y rendimiento estudiantil facilita la identificación de patrones y la implementación de intervenciones personalizadas, lo cual asegura que cada estudiante pueda avanzar a su propio ritmo y en consonancia con sus aspiraciones profesionales (Hickey et al., 2000). Por tanto, esta adaptación no solo potencia la motivación y el compromiso de los estudiantes, sino que también promueve el desarrollo de habilidades como la creatividad, la innovación y el pensamiento crítico, fundamentales para el éxito en la ingeniería y otras áreas técnicas.

En un mundo en constante evolución tecnológica, la personalización del aprendizaje en ingeniería equipa a los estudiantes para afrontar desafíos emergentes y adaptarse con eficacia a nuevas tecnologías. Esto fomenta una mentalidad de aprendizaje continuo y adaptabilidad, cualidades indispensables para ingenieros destinados a liderar en la frontera de la innovación tecnológica (Chen et al., 2010; Freeman et al., 2014).

Así, la personalización del aprendizaje en disciplinas de ingeniería, potenciada por los avances en IA y tecnologías educativas aborda las variadas necesidades de aprendizaje, preparando a los estudiantes con las habilidades y conocimientos esenciales para enfrentar y contribuir al futuro tecnológico. Esta perspectiva centrada en el estudiante asegura que la educación en ingeniería se mantenga relevante, efectiva y capaz de adaptarse a las demandas cambiantes tanto del ámbito profesional como de la sociedad.

Objetivo

Dado lo anterior, el propósito de este capítulo es describir el desarrollo y la implementación de "Asesor-IA", un innovador programa interactivo diseñado para revolucionar el aprendizaje asíncrono en el ámbito de las ciencias de la ingeniería. "Asesor-IA" se fundamenta en la aplicación de tecnologías de la IA para proporcionar una experiencia de aprendizaje personalizada y adaptativa, caracterizada por la oferta de contenido a medida, ejemplos prácticos relevantes y ejercicios dinámicos acompañados de retroalimentación inmediata. Esta iniciativa busca empoderar a los estudiantes, permitiéndoles un desarrollo autónomo y más efectivo de sus habilidades y conocimientos, mediante un sistema que se ajusta a sus necesidades educativas individuales (Johnson et al., 2007; Siemens, 2005).

Mediante la utilización de algoritmos avanzados de IA, “Asesor-IA” aspira a identificar los patrones de aprendizaje de los usuarios, adaptando el material didáctico para optimizar la comprensión y la retención de conocimientos; esto representa un paso significativo hacia la creación de entornos de aprendizaje que no solo reconocen la singularidad de cada estudiante, sino que también promueven la eficiencia y la efectividad educativas, en línea con las demandas y desafíos del siglo XXI (Chen et al., 2010; Zhou et al., 2020).

Por consiguiente, el objetivo de este capítulo trasciende la mera descripción de una herramienta tecnológica; se enfoca en demostrar cómo “Asesor-IA” puede servir como un modelo replicable y escalable para la integración de la IA en el diseño curricular, potenciando así el aprendizaje autónomo y personalizado en disciplinas técnicas y científicas. Este enfoque resalta la importancia de las tecnologías emergentes en la redefinición de las metodologías educativas, asegurando que la educación en ingeniería permanezca alineada con las innovaciones tecnológicas y las necesidades globales de desarrollo profesional (Freeman et al., 2014; Hickey et al., 2000).

Descripción del Programa Asesor-IA

Arquitectura y diseño del programa

“Asesor-IA” representa una vanguardia en el diseño de herramientas educativas, fusionando tecnologías de la IA para ofrecer un apoyo educativo personalizado y profundamente interactivo para estudiantes en disciplinas de ingeniería. Este programa se conceptualiza como una plataforma integral que facilita el aprendizaje asíncrono, brindando acceso inmediato a información detallada, ejemplos prácticos y ejercicios evaluativos. La premisa fundamental de “Asesor-IA” es su capacidad de adaptarse a una amplia gama de estilos de aprendizaje y niveles de comprensión, lo que lo posiciona como un facilitador clave en la optimización de la experiencia educativa de los usuarios.

La estructura de “Asesor-IA” destaca por su interfaz intuitiva y responsiva, diseñada meticulosamente para garantizar una experiencia de usuario centrada en el aprendizaje, libre de las complicaciones del manejo tecnológico. La adaptabilidad del programa a variados dispositivos electrónicos promueve un aprendizaje verdaderamente interactivo, incorporando estrategias pedagógicas contemporáneas como la ludificación, el aprendizaje basado en problemas y proyectos, y el uso de realidad virtual; estas metodologías son reconocidas por su efectividad en el desarrollo de competencias fundamentales tales como la comunicación, colaboración, solución de problemas y pensamiento crítico, esenciales en el campo de la ingeniería (Freeman et al., 2014; Rodeghiero & Gonçalves, 2024).

Adicionalmente, "Asesor-IA" integra un sistema de gestión docente innovador, permitiendo a los instructores monitorear el avance académico de cada estudiante en tiempo real. Lo anterior se alinea con las investigaciones recientes que enfatizan el valor de las plataformas educativas ludificadas y responsivas para potenciar tanto el aprendizaje como la motivación estudiantil (Feichas & Seabra, 2023).

La inteligencia del programa se alimenta exclusivamente de información actualizada y verificada, adecuada para cada unidad temática de aprendizaje. Al acceder al programa, los estudiantes se encuentran con una pantalla principal que presenta 13 botones, cada uno correspondiente a una materia del tronco común en ciencias de la ingeniería (Figura 1). Esto asegura que "Asesor-IA" concentre sus esfuerzos en proporcionar contenido relevante y curado, eludiendo la necesidad de buscar información en fuentes externas no verificadas. Al ingresar al programa, los estudiantes son recibidos por una interfaz que despliega una serie de opciones temáticas, permitiendo una selección directa y enfocada del área de estudio deseada (Bates, 2005).

Figura 1

Primera interfaz de Asesor-IA



La experiencia educativa dentro de “Asesor-IA” se articula en torno a tres funcionalidades primarias: “Tema”, “Ejemplos” y “Ejercicios”, cada una diseñada para fortalecer la comprensión teórica y práctica de la materia estudiada. Al seleccionar “Tema”, los estudiantes acceden a una exposición detallada de los conceptos fundamentales, mientras que “Ejemplos” les permite explorar aplicaciones prácticas de estos principios. La sección “Ejercicios” desafía a los estudiantes a aplicar su conocimiento, ofreciendo retroalimentación constructiva y procedimientos correctivos en caso de errores (Bonk & Zhang, 2008; Yang & Tao, 2020).

Por lo que, “Asesor-IA” se posiciona como una herramienta educativa dinámica y adaptable, aprovechando las capacidades avanzadas de la IA para ofrecer una experiencia de aprendizaje personalizada y eficaz en disciplinas de ingeniería. Esta plataforma facilita el acceso a recursos educativos de alta calidad y promueve el desarrollo activo de habilidades y competencias críticas en los estudiantes (Siemens, 2005).

Implementación tecnológica

La implementación de “Asesor-IA” se caracteriza por su enfoque innovador en la aplicación de tecnologías avanzadas de la IA, específicamente algoritmos de aprendizaje automático y procesamiento de lenguaje natural; estos algoritmos se dedican a generar y personalizar el contenido educativo, ajustando los materiales de estudio para atender de manera precisa las necesidades y preferencias individuales de cada estudiante, fundamentándose en un análisis detallado de su rendimiento y elecciones (Zhou et al., 2020). Esta metodología se apoya en la adopción de herramientas tecnológicas de vanguardia y exige un equipo multidisciplinario con experiencia en programación, diseño de interfaces de usuario y sistemas de IA complejos (Johnson et al., 2007).

Desde el punto de vista tecnológico, “Asesor-IA” se desarrolla utilizando lenguajes de programación modernos y ampliamente adoptados como *Java, Python* o *JavaScript*, y se beneficia de *frameworks* de desarrollo web robustos como *React.js* o *Angular* para garantizar una interfaz de usuario intuitiva y receptiva (Bransford et al., 2000; Hickey et al., 2000). El proyecto integra bibliotecas de IA líderes en la industria, tales como *TensorFlow, PyTorch, openIA* y *scikit-learn*, para facilitar el desarrollo de modelos sofisticados de aprendizaje automático y procesamiento de lenguaje natural. Estos modelos son esenciales para analizar el contenido educativo, crear ejemplos prácticos y evaluar las respuestas de los estudiantes en ejercicios, asegurando una experiencia de aprendizaje interactiva y enriquecedora (Chen et al., 2010).

La arquitectura subyacente de “Asesor-IA” se aloja en servidores web y utiliza servicios de *cloud computing* para promover la escalabilidad y seguridad del sistema, per-

mitiendo así un acceso sin restricciones a los recursos educativos a través de cualquier dispositivo conectado a Internet (Zawacki-Richter & Anderson, 2014). Para garantizar la máxima calidad y rendimiento del programa, se llevan a cabo pruebas exhaustivas, incluyendo pruebas automatizadas y de usabilidad con participantes reales, lo que facilita la identificación y corrección de problemas antes de la puesta en marcha definitiva del programa.

La integración de estas tecnologías avanzadas y enfoques pedagógicos en "Asesor-IA" configura una plataforma educativa poderosa y personalizada, diseñada para apoyar eficazmente a los estudiantes en sus trayectorias de aprendizaje dentro de las disciplinas de ingeniería. A través de esta implementación tecnológica, "Asesor-IA" se posiciona como una herramienta educativa de vanguardia, preparada para enfrentar los retos del aprendizaje moderno en la ingeniería.

Implementación pedagógica

Estrategias didácticas para integrar Asesor-IA en el aprendizaje asíncrono

La integración efectiva de "Asesor-IA" en el aprendizaje asíncrono se basa en una serie de estrategias didácticas innovadoras, diseñadas para maximizar el potencial educativo de esta herramienta. Estas estrategias se seleccionan cuidadosamente para promover un aprendizaje más interactivo, significativo y efectivo, alineado con las necesidades y preferencias individuales de los estudiantes.

Una de las estrategias clave es el *aprendizaje basado en proyectos* (ABP), que invita a los estudiantes a aplicar teoría a práctica mediante proyectos reales o simulados, fomentando así la comprensión profunda y la aplicación práctica del conocimiento adquirido (Mamaril et al., 2023). De forma complementaria, el aprendizaje colaborativo promueve el intercambio de ideas y la solución conjunta de problemas entre pares, aprovechando la diversidad de perspectivas y fortaleciendo las habilidades de trabajo en equipo (Dillenbourg, 1999).

La evaluación formativa, implementada a través de "Asesor-IA", se presenta como un mecanismo para brindar retroalimentación continua y personalizada, orientada a mejorar el rendimiento académico de los estudiantes al permitirles reflexionar sobre sus avances y áreas de mejora. En paralelo, el aprendizaje adaptativo asegura que el contenido educativo se ajuste de manera dinámica a las necesidades individuales de cada estudiante, potenciando un enfoque de enseñanza personalizado (Hartley et al., 2024).

Las simulaciones y laboratorios virtuales ofrecen experiencias prácticas en contextos controlados y seguros, permitiendo a los estudiantes explorar y experimentar con conceptos y procedimientos complejos sin riesgos asociados (Palacios et al., 2022).

Adicionalmente, la tutoría inteligente provista por "Asesor-IA" facilita una orientación personalizada y adaptativa, mejorando notablemente la comprensión y el rendimiento académico mediante el uso de avanzados algoritmos de IA (Woolf, 2010).

La implementación de IA en la evaluación del aprendizaje transforma radicalmente la manera en que los docentes pueden monitorear el progreso de los estudiantes. Al ofrecer una evaluación continua y generar retroalimentación inmediata y personalizada, "Asesor-IA" se ajusta a las necesidades y ritmos de aprendizaje de cada individuo, fomentando la autonomía y la autoeficacia en el proceso educativo (Jeansonne, 2024). Esta accesibilidad constante elimina las barreras temporales, haciendo del aprendizaje y la retroalimentación procesos disponibles en cualquier momento.

Por lo tanto, "Asesor-IA" se establece como una herramienta pedagógica revolucionaria, cuya implementación a través de estrategias didácticas cuidadosamente seleccionadas promete enriquecer la experiencia de aprendizaje asíncrono. Estas estrategias, respaldadas por la investigación y la práctica educativa contemporánea, aseguran que la educación mediada por "Asesor-IA" no solo sea relevante y efectiva, sino también profundamente transformadora.

Facilitando el uso efectivo de "Asesor-IA" por parte de los docentes

La adopción y el uso efectivo del programa "Asesor-IA" por parte de los docentes son fundamentales para maximizar los beneficios de esta herramienta en la personalización del aprendizaje y el fomento de la autonomía estudiantil. Diversas investigaciones han demostrado la importancia de la integración de la tecnología en la enseñanza para adaptar el material educativo a las necesidades individuales de los estudiantes, promoviendo un aprendizaje más personalizado y significativo (Dabbagh & Kitsantas, 2012; Valencia & Figueroa, 2023).

A pesar de la disposición positiva hacia la tecnología por parte de los docentes, se observa que una fracción representativa aún no ha integrado plenamente herramientas avanzadas de IA en sus prácticas docentes; esto subraya la necesidad de programas de formación específicos que preparen a los docentes para un aprovechamiento más amplio y efectivo de estas tecnologías en el aula (Galindo-Domínguez et al., 2024).

Para implementar "Asesor-IA" en el aula, los docentes pueden adoptar varias estrategias didácticas centradas en optimizar el uso de esta herramienta de IA en el aprendizaje asíncrono. Inicialmente, es importante organizar sesiones de orientación en las cuales los docentes presenten el programa a los estudiantes, detallando sus principales funciones y demostrando el acceso a los recursos educativos disponibles; este primer contacto es clave para familiarizar a los estudiantes con la plataforma, aprovechando al máximo sus capacidades (Johnson et al., 2007; Puntambekar & Hubscher, 2005).

Para asegurar una comprensión integral del uso de "Asesor-IA", se elaboran guías detalladas que ofrecen instrucciones claras y paso a paso sobre cómo interactuar con cada funcionalidad del programa. Estas guías, enriquecidas con capturas de pantalla y ejemplos prácticos, facilitan a los estudiantes navegar y utilizar de manera autónoma el programa (Dabbagh & Kitsantas, 2012).

Además, es esencial promover el aprendizaje autónomo, motivando a los estudiantes a explorar "Asesor-IA" por su cuenta. Esto subraya la relevancia de la autoevaluación y el seguimiento del progreso personal mediante las herramientas de evaluación y retroalimentación incluidas en el programa, fortaleciendo así su autonomía y responsabilidad en el proceso educativo (Johnson et al., 2007; Puntambekar & Hubscher, 2005).

La integración de "Asesor-IA" en las actividades curriculares es otro aspecto relevante. Los docentes pueden incorporar el programa en diversas actividades de clase, como la investigación de conceptos específicos o la realización de ejercicios que se relacionen directamente con el contenido de estudio, con el objetivo de reforzar la comprensión y aplicación práctica de los conocimientos adquiridos.

Finalmente, es vital proporcionar soporte individualizado a aquellos estudiantes que enfrenten dificultades en el uso de "Asesor-IA", lo cual puede incluir tutorías personalizadas, asistencia técnica o la provisión de recursos adicionales diseñados para profundizar en los conceptos y asegurar una comprensión cabal de los temas abordados (Puntambekar & Hubscher, 2005).

Mediante la implementación de estas estrategias, "Asesor-IA" se convierte en un recurso pedagógico valioso, capaz de enriquecer sustancialmente la experiencia educativa de los estudiantes, adaptándose a sus necesidades individuales y promoviendo un entorno de aprendizaje más interactivo y personalizado.

La correcta implementación de "Asesor-IA" por parte de los docentes, apoyada por estrategias pedagógicas efectivas, enriquece la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en un entorno asíncrono. De esta manera, los docentes desempeñan una función esencial en maximizar el impacto positivo de esta herramienta al guiar a los estudiantes en su uso efectivo.

Conclusiones

Este capítulo ilustra el papel fundamental de la IA como herramienta de cambio en el ámbito de la educación superior, con un enfoque particular en las disciplinas de ingeniería. "Asesor-IA", destacado como una herramienta innovadora, ejemplifica cómo la aplicación de la IA en la educación puede transformar radicalmente el proceso de aprendizaje. A través de la personalización del aprendizaje y la oferta de recursos adaptados

específicamente a las necesidades y preferencias de cada estudiante, "Asesor-IA" promete no solo mejorar la comprensión de conceptos complejos, sino también elevar las tasas de éxito académico y disminuir los índices de deserción y abandono en las asignaturas.

La implementación de "Asesor-IA" en las carreras de ingeniería aborda de manera efectiva los desafíos asociados con la alta dificultad de ciertas asignaturas, facilitando un aprendizaje más accesible y comprensible para los estudiantes. Más aún, prepara a los futuros ingenieros para afrontar con éxito los desafíos del mundo real, equipándolos con las habilidades y conocimientos necesarios para navegar y contribuir al panorama tecnológico en constante evolución.

La evidencia presentada en este trabajo subraya el potencial de la IA para revolucionar el campo de la educación, ofreciendo perspectivas prometedoras para el desarrollo profesional y la formación de ingenieros capaces de liderar en la vanguardia de la innovación tecnológica. En última instancia, "Asesor-IA" no solo representa un avance en la personalización del aprendizaje dentro de las disciplinas de ingeniería, sino que también se postula como un modelo replicable y escalable para la incorporación de tecnologías de IA en diversas áreas del conocimiento, marcando el inicio de una nueva era en la educación superior.

Referencias

Al Mnhrawi, D. N. T. A. S., & Alreshidi, H. A. (2023). A systemic approach for implementing AI methods in education during COVID-19 pandemic: higher education in Saudi Arabia. *World Journal of Engineering, 20*(5), 808-814. https://doi.org/10.1108/WJE-11-2021-0623

Bates, A. W. (2005). *Technology, E-Learning and Distance Education.* Routledge.

Begoso, J., Begoso, P., & Begoso, F. (2024). Mejorando la comprensión de la programación informática a través de objetos de aprendizaje. *Journal of Computer Science Education, 35*(2), 145-158.

Bolaño-García, M., & Duarte-Acosta, N. (2024). Una revisión sistemática del uso de la inteligencia artificial en la educación. *Revista Colombiana de Cirugía, 39*, 51-63. https://doi.org/10.30944/20117582.2365

Bonk, C. J., & Zhang, K. (2008). *Empowering Online Learning: 100+ Activities for Reading, Reflecting, Displaying, and Doing.* Jossey-Bass.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school.* National Academy Press.

Chen, C. H., Wang, T. I., & Chen, Y. L. (2010). Personalized mobile learning system for improving students' learning efficiency. *Educational Technology & Society, 13*(3), 3-17.

Dabbagh, N., & Kitsantas, A. (2012). Personal Learning Environments, social media, and self-regulated learning: A natural formula for connecting formal and informal learning. *The Internet and Higher Education, 15*(1), 3-8.

Dillenbourg, P. (1999). *Collaborative learning: Cognitive and computational approaches*. Elsevier.

Duyver, A., De Keyzer, J., Wieers, E., Henrioulle, K., & Aerts, K. (2023). *Problem Solving Skills Deconstructed And Implemented In An Adaptive Learning Tool.* 51st Annual Conference of the European Society for Engineering Education (SEFI), Dublin. https://arrow.tudublin.ie/sefi2023_prapap/23

Feichas, F. A., & Seabra, R. D. (2023). Evaluation of Perception of Use of a Gamified Platform from the Student Perspective: An Approach for Studying Unified Modeling Language. *Informatics in Education, 22*(3), 369-394.

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(23), 8410-8415.

Galindo-Domínguez, H., Delgado, N., Losada, D., & Etxabe, J.-M. (2024). An analysis of the use of artificial intelligence in education in Spain: The in-service teacher's perspective. *Journal of Digital Learning in Teacher Education, 40*(1), 41-56. https://doi.org/10.1080/21532974.2023.2284726

Ghafouri, M. (2024). ChatGPT: The catalyst for teacher-student rapport and grit development in L2 class. *System, 120,* 103209. https://doi.org/10.1016/j.system.2023.103209

Girgin Sağın, F., Özkaya, A. B., Tengiz, F., Gönül Geyik, Ö., & Geyik, C. (2023). Current evaluation and recommendations for the use of artificial intelligence tools in education. *Turkish Journal of Biochemistry, 48*(6), 620-625.

González-Sánchez, J. L., Moscoso-Parra, A. E., Villota-Garcia, F. R., Garces-Calva, S. W., & Bazurto-Arévalo, B. M. (2023). Aplicación de la Inteligencia Artificial en la Educación Superior. *Dominio de las Ciencias, 9*(3), 1097-1108. https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3488

Hartley, K., Hayak, M., & Ko, U. H. (2024). Artificial Intelligence Supporting Independent Student Learning: An Evaluative Case Study of ChatGPT and Learning to Code. *Education Sciences, 14*(120). https://doi.org/10.3390/educsci14020120

Hickey, D. T., Kindfield, A. C. H., Horwitz, P., & Christie, M. A. T. (2000). Integrating instruction, assessment, and evaluation in a technology-supported genetics environment. *American Educational Research Journal, 37*(2), 731-762.

Jeansonne, C. (2024). *Using ChatGPT in the Composition Classroom: Remembering the Importance of Human Connection to Audience*. College Teaching.

Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Smith, K. A. (2007). *Active learning: Cooperation in the College Classroom*. Interaction Book Company.

Mamaril, S. M., Kupiainen, S., Rodrigo Segura, F. J., Sheldon, S. B., Ibarra Rius, N., Paik, S. J., & Torío-López, S. (2023). Aprendizaje basado en secuencias didácticas para enseñar a leer y a escribir a través de los objetivos de desarrollo sostenible en la formación inicial de docentes. *Aula Abierta, 52*(4), 333-342. https://doi.org/10.17811/rifie.52.4.2023.333-342

Mayer, S., Abou Refaie, R., & Uebernickel, F. (2024). The challenges and opportunities of hybrid education with location asynchrony: Implications for education policy. *Policy Futures in Education, 0*(0), 1–23. https://doi.org/10.1177/14782103231224507

Muñoz-Basols, J., Neville, C., Lafford, B. A., & Godev, C. (2023). Potentialities of Applied Translation for Language Learning in the Era of Artificial Intelligence. *Hispania, 106*(2), 171-194. https://doi.org/10.1353/hpn.2023.899427

Palacios, A., Pascual, V., & Moreno-Mediavilla, D. (2022). El papel de las nuevas tecnologías en la educación STEM. *Bordón Revista de Pedagogía, 74*(4), 11-21. https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.96550

Puntambekar, S., & Hubscher, R. (2005). Tools for scaffolding students in a complex learning environment: What have we gained and what have we missed? *Educational Psychologist, 40*(1), 1-12.

Rodeghiero, S., & Gonçalves, R. (2024). Estrategias de aprendizaje activo en la enseñanza de salud y seguridad ocupacional en ingeniería. *Engineering Education Health and Safety Journal, 1*(1), 60-73.

Samonte, M. J., Acuña, G. E. O., Alvarez, L. A. Z., & Miraflores, J. M. (2023). A Personality-Based Virtual Tutor for Adaptive Online Learning System. *International Journal of Information and Education Technology, 13*(6).

Siemens, G. (2005). Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2*(1), 3-10.

Valencia, A. T., & Figueroa, R. (2023). Incidencia de la Inteligencia Artificial en la Educación. *Educatio Siglo XXI, 41*(3), 235-264. https://doi.org/10.6018/educatio.555681

Wang, D., Tao, Y., & Chen, G. (2024). Artificial intelligence in classroom discourse: A systematic review of the past decade. *International Journal of Educational Research, 123*, 102275. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2023.102275

Woolf, B. P. (2010). *Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning.* Morgan Kaufmann.

Yang, Y., & Tao, D. (2020). A Survey on Intelligent Tutoring Systems: A Contemporary Perspective. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence, 4*(5), 614-627.

Zawacki-Richter, O., & Anderson, T. (Eds.). (2014). *Online Distance Education: Towards a Research Agenda.* Athabasca University Press.

Zhou, M., Zhang, D., Yang, D., & Wang, Y. (2020). Harnessing Artificial Intelligence to Enhance Online Learning. *International Journal of Information and Education Technology, 10*(7), 524-530.

12 La IA como copiloto en la educación superior

Claudia Berra Barona @, Jairo Soria Gómez @
y Bianca Janeth López Campillo @

La evolución y el impacto creciente de la inteligencia artificial (IA) en el ámbito educativo destaca su importancia y sus implicaciones. La IA ha sido concebida como una tecnología que emula la inteligencia humana, particularmente en aspectos como el razonamiento y la toma de decisiones. Su aplicación abarca múltiples enfoques teóricos, incluyendo cognitivismo, constructivismo, neurociencia, entre otros, cada uno aportando perspectivas únicas sobre cómo se puede optimizar el aprendizaje. Esta intersección entre la IA y los diferentes paradigmas educativos destaca la complejidad y el potencial de esta relación, lo que requiere una reflexión profunda para comprender cómo integrar estas tecnologías de manera efectiva y ética en la educación superior (Salomé, 2023).

Según Ponce y Castañeda (2023), la IA es una rama de las ciencias computacionales que se centra en investigar cómo piensan los humanos, cómo toman decisiones, aprenden y resuelven problemas, con el objetivo de desarrollar programas computacionales o máquinas que puedan emular estos procesos de razonamiento humano en tareas específicas. En este contexto, Tomalá et al. (2023) señalaron que la IA ha experimentado un rápido progreso en las últimas décadas, transformando numerosos aspectos de nuestra vida cotidiana; particularmente, en el campo de la educación, la combinación de IA con los métodos de enseñanza ha creado nuevas oportunidades para mejorar la eficacia del aprendizaje y optimizar los métodos educativos.

El contexto de la inteligencia artificial

La rápida evolución de la IA en el ámbito educativo presenta oportunidades, pero también riesgos y desafíos asociados con su desarrollo e implementación. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) ha asumido

el compromiso de emplear la IA como una herramienta para avanzar hacia el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4, que busca garantizar una educación inclusiva y de calidad para todos. La UNESCO también destaca la importancia de un enfoque ético y responsable en el diseño y uso de la IA, asegurando que se minimicen las desigualdades existentes y se eviten nuevas brechas en el acceso y calidad de la educación.

Por su parte, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ha resaltado cómo las tecnologías inteligentes están transformando la educación, identificando diversas formas en que la IA puede integrarse en este ámbito; por ejemplo, la recomendación de contenidos personalizados y la calificación automática de exámenes. Asimismo, los sistemas de IA tienen la capacidad de generar texto de manera automática, destacando la utilidad de modelos de lenguaje avanzados como *BERT*, los cuales son capaces de aprender contexto a partir de datos secuenciales. Además, los "*Large Language Models*" (LLM), como *ChatGPT*, son capaces de reconocer, resumir, traducir y generar texto basado en grandes volúmenes de datos; una de las principales características de estos modelos es su habilidad para aprender de manera no supervisada, lo que les permite analizar y generar contenido sin necesidad de instrucciones explícitas para cada tarea específica (De Vicente et al., 2023).

Desde 2015 hasta la actualidad, se ha marcado un ritmo acelerado de evolución en la IA, con desarrollos notables en tecnologías como el aprendizaje por refuerzo. Esta tendencia sugiere un futuro prometedor para la IA en la educación, con la posibilidad de mejorar aún más la personalización del aprendizaje y la eficacia de las herramientas educativas (Sanabria-Navarro et al., 2023).

Rol de los actores educativos

Resulta imperioso resaltar el papel tanto de los estudiantes como de los profesores en el proceso de integración de la IA en la educación. Los estudiantes son considerados elementos fundamentales en el desarrollo y la implementación de la IA educativa, mientras que los profesores desempeñan un papel crucial al adaptar sus metodologías de enseñanza y utilizar estas tecnologías de manera efectiva en el aula.

> En este contexto, ciertas investigaciones realizadas por Boden (1984), Brown y Burton (1978) y Brusilovsky y Peylo (2003) señalan a la IA como un aliado clave en el proceso de enseñanza y aprendizaje en la educación; además, la consideran como una herramienta para garantizar el logro de competencias en los estudiantes (Castrillón, Sarache & Ruiz-Herrera, 2020; Goldstein & Papert, 1977). (Incio et al., 2022, p.355)

De esta manera, el uso de la IA en contextos educativos permite una mejora en la forma en que se imparten los contenidos curriculares.

Transformación curricular

Los currículos educativos están siendo profundamente influenciados por la IA, lo que ha llevado a universidades a apostar por la integración de nuevos modelos tecnológicos en la educación. Esto refleja un cambio significativo en el diseño de los programas de estudio, y podría tener un impacto duradero en la educación superior y en la preparación de los estudiantes para los desafíos del futuro (Sanabria-Navarro et al., 2023). A través de este capítulo, se explora la utilización de la IA en un contexto educativo específico, como es el caso de una clase de "Desarrollo de Emprendedores". En este curso, se implementó la herramienta ChatGPT para diseñar actividades orientadas a que los estudiantes desarrollaran la habilidad de formular mejores preguntas para la resolución de problemas de negocios.

Desarrollo

En el ámbito de la educación superior, la integración de la IA en la enseñanza está abriendo nuevas oportunidades para el aprendizaje (Chang et al., 2022). Un ejemplo de esta innovación es la aplicación de un examen en la materia "Desarrollo de Emprendedores", que se imparte en la Facultad de Contaduría y Administración Campus Tijuana, donde se utilizó ChatGPT para diseñar y evaluar la actividad. Esto permitió generar casos de estudio únicos para cada uno de los 37 alumnos del curso, promoviendo un análisis individualizado y la aplicación práctica de conocimientos, alineándose con la tendencia de personalización y adaptabilidad en la educación (Kumar & Raman, 2022).

Durante la evaluación, se permitió a los estudiantes utilizar ChatGPT, con la condición de documentar sus interacciones con la herramienta; esto permitió evaluar no solo las respuestas, sino también cómo los alumnos utilizaban la IA en su proceso de razonamiento, un enfoque que apoya el desarrollo de capacidades de alfabetización de retroalimentación (Tubino & Adachi, 2022).

La fase de evaluación se centró en analizar los *prompts* o instrucciones de los estudiantes en su diálogo con ChatGPT, complementada con una revisión de la calidad de estos prompts utilizando la propia IA. La retroalimentación final se enfocó en mejorar la formulación de preguntas, fomentando una discusión grupal para desarrollar habilidades de pensamiento crítico y analítico. Lo anterior se alinea con la idea de la IA en educación, que promueve la construcción de sistemas de aprendizaje personalizados adaptados a las necesidades individuales de los estudiantes (Tapalova et al., 2022).

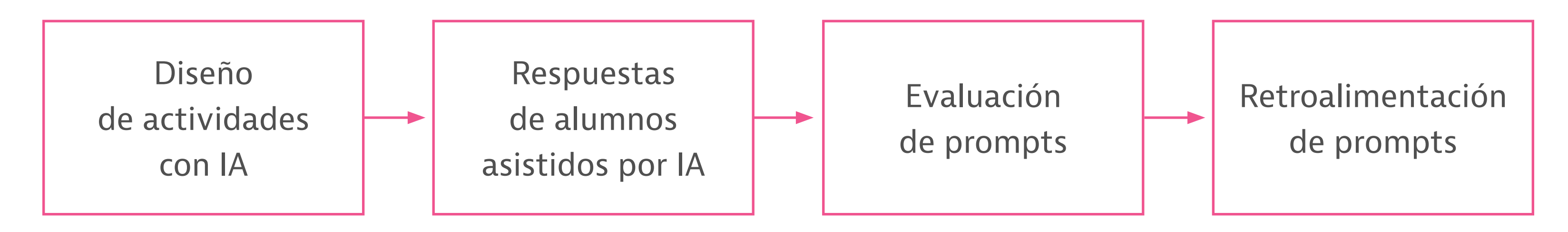
Metodología

La metodología implementada en este caso práctico busca integrar la innovación en los procesos de docencia en la educación superior, utilizando la IA no solo como una herramienta para acceso a la información, sino también como un medio para fomentar habilidades de pensamiento crítico, análisis y resolución de problemas en un entorno académico. Este método se alinea con el marco integrado de enseñanza-aprendizaje asistido por IA (AL-ITLF) propuesto por Chang et al. (2022), el cual resalta la eficiencia, adaptabilidad y efectividad de la IA en la educación, comparado con los métodos tradicionales.

Esta sección detalla la metodología usada en un caso práctico, describiendo cómo cada una de las cuatro etapas propuestas contribuyó al objetivo de integrar la IA en el proceso de aprendizaje y evaluación, tal como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Etapas de la metodología y caso práctico



Esta metodología refleja un cambio en la educación superior, enfocándose en el uso de tecnologías avanzadas para mejorar la experiencia educativa y preparar a los estudiantes para los desafíos contemporáneos.

Diseño de la actividad: desarrollo de examen con ChatGPT

Inicialmente, se utilizó ChatGPT para diseñar casos de estudio personalizados para cada uno de los 37 alumnos. Este proceso implicó la generación de escenarios de negocios ficticios, cada uno con sus propios desafíos y contextos, adecuados para evaluar las competencias y habilidades adquiridas por los estudiantes en el curso.

Uso de ChatGPT por parte de los estudiantes

Durante el examen, se permitió a los alumnos la utilización de ChatGPT, con la condición de que documentaran su interacción con la IA, incluyendo la conversación completa en el envío de su actividad. Esto permitió una evaluación más profunda de su proceso de razonamiento y de cómo aplicaban su conocimiento para formular preguntas y buscar soluciones con la ayuda de esta herramienta.

Evaluación de las respuestas y prompts

La evaluación no se limitó a las respuestas finales de los estudiantes, sino que también incluyó un análisis detallado de los prompts utilizados en sus interacciones con ChatGPT. Este análisis, apoyado por la misma herramienta de IA, buscó evaluar la claridad, relevancia y profundidad de los prompts, así como la eficacia con la que los estudiantes dirigían y utilizaban la IA para resolver los problemas presentados en los casos de estudio.

Retroalimentación enfocada en el mejoramiento de prompts

La fase final consistió en brindar retroalimentación a los estudiantes, centrándose en cómo mejorar sus habilidades para formular preguntas y utilizar la IA de modo más efectivo. Esta retroalimentación se realizó de manera grupal, promoviendo un ambiente de aprendizaje colaborativo y reflexivo; además, se incentivó a los estudiantes a participar en una discusión para explorar formas de mejorar la formulación de preguntas, enriqueciendo así su comprensión y habilidades analíticas.

Análisis de resultados y observaciones

Tras la implementación de la metodología descrita, se procedió a un análisis detallado de los resultados obtenidos en el examen. Este análisis se centró en dos aspectos principales: (a) la calidad de las respuestas de los estudiantes y (b) la eficacia de sus interacciones con ChatGPT, especialmente en términos de los prompts utilizados.

Calidad de las respuestas

Se evaluaron las respuestas de los alumnos, según los casos de estudio individualizados, considerando cómo aplicaron las herramientas y conceptos aprendidos en clase. Este análisis reveló el nivel de comprensión y la capacidad de los estudiantes para aplicar sus conocimientos en escenarios prácticos y variados.

Interacción con ChatGPT

Un aspecto distintivo de este examen fue el uso de ChatGPT por parte de los estudiantes. Se analizó la naturaleza de las preguntas formuladas por los alumnos y cómo estas preguntas dirigieron la IA para asistir en la resolución de los casos. Este análisis proporcionó información valiosa sobre el nivel de pensamiento crítico, creatividad y habilidad para formular preguntas efectivas.

La evaluación de conversaciones entre estudiantes y ChatGPT reveló sus habilidades y áreas de oportunidad para mejorar la formulación de prompts, destacando la importancia de interactuar efectivamente con la IA como competencia digital clave. Esta

observación coincide con el estudio de Liu et al. (2022), que introduce el Sistema de Aprendizaje Estudiantil Basado en IA (AI-IESLS), demostrando que dialogar con un *chatbot* de IA mejora el aprendizaje al promover un entorno interactivo. Los resultados enfatizan la necesidad de fortalecer la comunicación con IA, reflejado en la retroalimentación enfocada en optimizar la formulación de preguntas de los estudiantes.

Retroalimentación enfocada en el mejoramiento de prompts

La etapa final de la metodología propuesta involucró un proceso de retroalimentación centrado en el uso y mejora de los prompts por parte de los estudiantes en su interacción con ChatGPT; esta fase ayudó a consolidar el aprendizaje y destacar la importancia de la formulación efectiva de preguntas en el uso de la IA.

Al personalizar el currículo y el contenido según las necesidades individuales de los estudiantes, la IA ha demostrado ser efectiva para mejorar la administración, la instrucción y el aprendizaje, un hallazgo apoyado por Chen et al. (2020). Además, al centrar la docencia en fortalecer la interacción de los estudiantes con herramientas como ChatGPT, se promueven habilidades clave para mejorar la experiencia de aprendizaje.

Evaluación de prompts

La retroalimentación comenzó con una revisión detallada de los prompts utilizados por los estudiantes. Se identificaron patrones comunes en las instrucciones dadas a ChatGPT, así como áreas comunes de debilidad o inexactitud. Esta evaluación permitió no solo ofrecer consejos específicos para la mejora, sino también destacar la relevancia de la habilidad para interactuar con la IA de manera significativa.

Sesión grupal de retroalimentación

Se organizó una sesión grupal en la que se compartieron ejemplos de prompts formulados correctamente y aquellos que necesitaban mejoras. Posteriormente, se fomentó un diálogo abierto entre los estudiantes para discutir estrategias y técnicas para mejorar la calidad de sus preguntas. Esta sesión no solo sirvió para mejorar el uso individual de la IA, sino también para desarrollar una comprensión colectiva de la importancia de la comunicación efectiva en entornos tecnológicos. Esto coincide con los hallazgos de Álvarez et al. (2009), quienes destacan cómo la tecnología puede crear un entorno que promueve habilidades de comunicación, interpersonales y de toma de decisiones, subrayando la efectividad de estas herramientas para fomentar el desarrollo de habilidades esenciales entre los estudiantes.

Desarrollo de habilidades analíticas y críticas

Al centrarse en la mejora de los prompts, los estudiantes pudieron reflexionar sobre su propio proceso de pensamiento y aprender cómo una formulación más precisa y razonada puede conducir a resultados más completos. Esta fase del ejercicio reforzó la idea de que las habilidades de pensamiento crítico y análisis son esenciales en el aprendizaje contemporáneo, especialmente en contextos donde la tecnología juega un papel central. Según Alsaleh (2020), integrar tecnologías en la educación fomenta un pensamiento más crítico y analítico.

Conclusiones

La IA ha revolucionado la educación al ofrecer soluciones personalizadas y eficientes para mejorar el aprendizaje de los estudiantes; esto subraya la importancia de la adaptación de la enseñanza a las necesidades individuales de los alumnos, lo que puede conducir a un mayor compromiso y éxito académico.

De acuerdo con algunos autores, la IA se destaca por su capacidad para generar contenido diverso en respuesta a solicitudes en lenguaje natural; aunque puede contener errores, representa un avance significativo en la simulación de capacidades humanas y continuará evolucionando para mejorar su perfección operativa (Gallent-Torres et al., 2023).

El gran reto de las instituciones de educación superior (IES) en la integración de la IA en sus aulas radica en lograr que tanto docentes como estudiantes comprendan que, aunque esta herramienta facilita el trabajo y optimiza procesos, no sustituye la capacidad humana para desarrollar habilidades de pensamiento crítico y analítico. Es importante transmitir que, al final, el avance tecnológico tiene el propósito de agilizar ciertas tareas, pero nunca podrá reemplazar la capacidad de formular preguntas efectivas ni la habilidad para resolver problemas complejos.

A pesar de los avances tecnológicos en IA, las reacciones hacia su integración han sido mixtas. Por un lado, hay quienes temen que pueda desplazar empleos y transformar sectores clave de la sociedad, generando incertidumbre sobre el futuro del trabajo. Por otro lado, hay quienes la perciben como una oportunidad para impulsar la innovación y mejorar la calidad de vida, al optimizar procesos y facilitar tareas complejas. La percepción general de esta tecnología es una mezcla de entusiasmo por su potencial y preocupación por sus posibles implicaciones, en contraste con los extremos de quienes la defienden sin reservas o la rechazan sin considerar sus beneficios. Sin embargo, la progresión constante de la IA en el ámbito educativo, desde sus primeras aplicaciones hasta los desarrollos más recientes, subraya su potencial para transformar y mejorar los procesos educativos.

La adopción de estrategias de IA en la práctica educativa es un paso esencial hacia la modernización y la mejora continua del sistema educativo. Su integración en la enseñanza y el aprendizaje ofrece una serie de beneficios que no solo optimizan la eficiencia de los procesos educativos, sino que también enriquecen la experiencia de los estudiantes y preparan mejor a las nuevas generaciones para un mundo digitalizado.

Es importante considerar que la adopción de estrategias de IA en la práctica educativa representa un avance transformador. Al personalizar el aprendizaje, liberar a los educadores de tareas administrativas y proporcionar evaluaciones más precisas, la IA tiene el potencial de revitalizar el sistema educativo y preparar a los estudiantes para los desafíos de un mundo cada vez más tecnológico. Su implementación efectiva requerirá un enfoque colaborativo entre educadores, desarrolladores de tecnología y responsables de políticas para garantizar que estos avances beneficien a todos los estudiantes de manera equitativa.

Asimismo, la adopción de estrategias de IA en la práctica educativa representa un hito en la evolución del sistema educativo. En un mundo donde la tecnología desempeña un papel cada vez más central en la vida cotidiana, la integración de la IA en el ámbito educativo ofrece una serie de oportunidades y desafíos que no pueden pasarse por alto.

"La IA puede personalizar el aprendizaje, adaptándose a las necesidades individuales de cada estudiante" (Gutiérrez, 2023, p.1). Mediante el análisis de datos y el aprendizaje automático, los sistemas de IA pueden identificar patrones de aprendizaje, fortalezas y áreas de mejora de los estudiantes, proporcionando retroalimentación personalizada y recursos educativos adaptados a sus necesidades particulares. De esta manera, se mejora la experiencia de aprendizaje del estudiante y los docentes optimizan sus estrategias de enseñanza.

Además, la IA tiene el potencial de ampliar el acceso a la educación al hacer uso de plataformas en línea y sistemas de tutoría inteligente. Estas tecnologías permiten que la educación llegue a regiones remotas o a personas con limitaciones de movilidad, brindando oportunidades de aprendizaje a aquellos que, de otro modo, podrían quedar excluidos del sistema educativo tradicional.

Sin embargo, la adopción de la IA en la práctica educativa también plantea desafíos importantes, que deben ser abordados para garantizar su implementación responsable y efectiva; uno de los principales retos es asegurar la equidad y transparencia en su uso. En este sentido, es crucial que los algoritmos utilizados en los sistemas de IA sean imparciales y estén libres de sesgos, para evitar cualquier tipo de discriminación o desigualdad en el acceso y uso de los recursos educativos. Además, las preocupaciones éticas sobre la privacidad y seguridad de los datos de los estudiantes deben ser gestionadas con cuida-

do, implementando medidas de protección que salvaguarden la confidencialidad y el uso ético de la información personal, evitando posibles abusos o violaciones de los derechos de los alumnos.

También es fundamental que los docentes estén debidamente capacitados para integrar la IA en su práctica educativa de manera eficaz; para ello, se requiere un desarrollo profesional continuo que les permita adquirir y actualizar habilidades digitales, necesarias para aprovechar al máximo el potencial que ofrece la IA en el aula.

Para finalizar, la adopción de estrategias de IA en la práctica educativa tiene el potencial de transformar radicalmente la enseñanza y el aprendizaje, ofreciendo nuevas oportunidades para personalizar el aprendizaje, automatizar tareas y mejorar la experiencia educativa en general. Sin embargo, para maximizar sus beneficios y mitigar sus riesgos, es esencial abordar de manera proactiva los desafíos éticos, técnicos y pedagógicos asociados con su implementación.

Referencias

Alsaleh, N. J. (2020). Teaching Critical Thinking Skills: Literature Review. *The Turkish Online Journal of Educational Technology, 19*(1).

Álvarez, C., Nussbaum, M., Recabarren, M., Gómez, F., & Radovic, D. (2009). Teaching communication, interpersonal and decision-making skills in engineering courses supported by technology. *International Journal of Engineering Education, 25*, 655-664.

Chang, Q., Pan, X., Manikandan, N., & Ramesh, S. (2022). Artificial Intelligence Technologies for Teaching and Learning in Higher Education. *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, 29*. https://doi.org/10.1142/S021853932240006X

Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial Intelligence in Education: A Review. *IEEE Access, 8,* 75264-75278. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510

De Vicente, M., López, O., Navarro, V., & Cuéllar, F. (2023). Escritura, creatividad e inteligencia artificial. ChatGPT en el contexto universitario. *Comunicar, 31*(77), 47–57. https://libcon.rec.uabc.mx:4440/10.3916/C77-2023-04

Gallent-Torres, C., Zapata-González, A., & Ortego-Hernando, J. L. (2023). The impact of Generative Artificial Intelligence in higher education: a focus on ethics and academic integrity. *RELIEVE, Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa, 29*(2), 1–19. https://libcon.rec.uabc.mx:4440/10.30827/relieve.v29i2.29134

Gutiérrez, J. (2023). *Cómo la inteligencia artificial puede mejorar la educación sin reemplazar a los docentes*. https://www.studocu.com/pe/document/universidad-tecnologica-del-peru/inteligencia-artificial/articulo-como-la-inteligencia-artificial-puede-mejorar-la-educacion-sin-reemplazar-a-los-docentes/57077974

Incio, F. A., Capuñay, D. L., Estela, R. O., Valles, M. Á., Vergara, S. E., & Elera, D. G. (2022). Inteligencia artificial en educación: una revisión de la literatura en revistas científicas internacionales. *Apuntes Universitarios, 12*(1), 353-372.

Kumar, V. V. R., & Raman, R. (2022). *Student Perceptions on Artificial Intelligence (AI) in higher education.* 2022 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC).

Liu, L., Subbareddy, R., & Raghavendra, C. G. (2022). AI Intelligence Chatbot to Improve Students Learning in the Higher Education Platform. *Journal of Interconnection Networks, 22*(2).

Ponce, J. L., & Castañeda, L. M. (Coords.). (2023). *Inteligencia artificial en la educación superior, perspectivas e implicaciones prácticas en las instituciones mexicanas.* Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior.

Salomé, D. (2023). Propuesta psicopedagógica de análisis sobre la inteligencia artificial (IA) en educación. *Acta Psiquiátrica y Psicológica de América Latina, 69*(4), 258–265.

Sanabria-Navarro, J.-R., Silveira-Pérez, Y., Pérez-Bravo, D.-D., & de-Jesús-Cortina Núñez, M. (2023). Incidencias de la inteligencia artificial en la educación contemporánea. *Comunicar, 31*(77), 97–107. https://libcon.rec.uabc.mx:4440/10.3916/C77-2023-08

Tapalova, O., Zhiyenbayeva, N., & Gura, D. A. (2022). Artificial Intelligence in Education: AIEd for Personalised Learning Pathways. *Electronic Journal of e-Learning, 20*(5), 639-653. https://doi.org/10.34190/ejel.20.5.2597

Tomalá, M., Mascaró, E., Carrasco, C., & Aroni, E. (2023). Incidencias de la inteligencia artificial en la educación. *RECIMUNDO, 7*(2). https://doi.org/10.26820/recimundo/7.(2).jun.2023.238-251

Tubino, L., & Adachi, C. (2022). *Developing feedback literacy capabilities through an AI automated feedback tool.* ASCILITE 2022 Conference Proceedings: Reconnecting relationships through technology. https://doi.org/10.14742/apubs.2022.39

13 Reflexiones desde la sociología sobre el uso de herramientas de inteligencia en las aulas: cambios y permanencias en las relaciones de conocimiento y poder en los procesos de enseñanza-aprendizaje

César Martín Acosta García @, *Rosa María González Corona* @ *y Erika Valenzuela Gómez* @

En este capítulo se examinan las complejas interacciones entre las herramientas de inteligencia artificial (IA) y las dinámicas sociales en el entorno educativo desde una perspectiva sociológica. Con una visión crítica, se analizan los cambios y las continuidades en las relaciones de conocimiento y poder en los procesos de enseñanza y aprendizaje, a medida que la IA se integra en las aulas. En ese sentido, se exploran las transformaciones emergentes en las relaciones de conocimiento, destacando cómo la IA afecta la adquisición y distribución del saber dentro de las aulas universitarias. También, se examinan las formas en que estas herramientas influyen en la accesibilidad, la personalización del aprendizaje y la estructuración de la información, transformando y retando las prácticas educativas tradicionales.

Sin embargo, el capítulo no solo se centra en los cambios, también se resalta la persistencia de ciertos patrones de poder y desigualdades en el contexto educativo. Se reflexiona en torno a cómo la introducción de la IA puede replicar o desafiar las jerarquías preexistentes, tanto entre estudiantes y docentes, como entre los propios estudiantes. Se analizan las implicaciones de la distribución de poder en la adopción y el dominio de la tecnología entre estudiantes y docentes, puesto que un uso poco ético de estas tecnologías puede, en un primer momento, indicar que el docente pierde parcialmente el dominio del saber ante la utilización de estas herramientas por parte del estudiante. De esta manera, se reflexiona sobre cómo la IA podría influir en la autoridad del docente y las relaciones de confianza en el aula, así como en la autonomía y participación de los estudiantes en su propio proceso educativo.

Para ello, este trabajo se divide en dos secciones principales. En la primera, se enfatizan los cambios en las dinámicas de generación de conocimiento dentro del campo académico y de investigación a partir de la introducción de la IA; lo cual puede llevar a distintos panoramas, desde un incremento en la desigualdad debido a las barreras en la formación y el costo de acceso a estas tecnologías, hasta la democratización de la ciencia, al hacer posible que más personas accedan a herramientas avanzadas para la investigación y la generación de conocimiento.

En la segunda sección, se exploran en profundidad algunas de las implicaciones de la introducción de la IA en las relaciones de poder entre docentes y estudiantes dentro del contexto universitario. Se analiza cómo la IA influye en la adquisición del conocimiento y las dinámicas en las aulas, así como las distintas interpretaciones de algunos de los usos poco éticos de esta herramienta y su impacto en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

El capítulo concluye enfatizando la necesidad de desarrollar políticas y estrategias que aborden activamente las desigualdades emergentes y fomenten una integración reflexiva de la IA en las aulas; esto con el fin de garantizar que los cambios tecnológicos no perpetúen ni amplifiquen las brechas sociales existentes. Además, se enfatiza la necesidad de corregir la noción errónea de algunos estudiantes de que el simple acceso a herramientas de IA equivale a la adquisición de conocimientos y competencias, los cuales solo se adquieren a través de su trayecto académico universitario.

Introducción de la IA en el ámbito académico: cambios y permanencias

En la era actual, existe una revolución sin precedentes en el ámbito educativo, caracterizada por transformaciones emergentes en las relaciones de conocimiento, las cuales están siendo moldeadas por el vertiginoso avance de la IA. En este contexto, es crucial explorar cómo la IA está impactando la adquisición y distribución del saber dentro de las aulas universitarias, reconfigurando el panorama educativo.

La influencia de la IA se manifiesta de múltiples maneras, transformando profundamente la experiencia de aprendizaje. Una de las áreas más destacadas es la accesibilidad. La IA está permitiendo la creación de plataformas y herramientas educativas más inclusivas, que pueden adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes, independientemente de sus habilidades o limitaciones. El uso adecuado de estas herramientas abre nuevas puertas para aquellos con dificultades de aprendizaje o con necesidades especiales, ofreciendo oportunidades de educación personalizada que antes podrían haber sido inaccesibles; sin embargo, no se debe asumir que este panorama optimista se limita solo a los ámbitos donde el impacto de estas herramientas es directo. Para algunos sociólogos, es necesario analizar los cambios sociales que acompañan la in-

corporación de algoritmos informáticos e IA en las sociedades contemporáneas, ya que estas tecnologías se están volviendo cada vez más inmersivas, al grado de cambiar las formas de interacción social y los modos de producción (Mori, 2022).

Ante su implementación en el mundo de la investigación y la academia, autores como Cárdenas (2023) han sugerido cuatro escenarios que se pueden desarrollar en un futuro cercano: (1) un primer escenario en el que exista un proceso de democratización de la investigación, en donde un grado avanzado de formación para el uso de la IA y un acceso alto a estas herramientas en la comunidad académica dan paso a la multiplicación del conocimiento generado y a la productividad de los investigadores. (2) Un segundo escenario en donde se desarrolle el potencial de la IA al existir usuarios en el mundo académico con los recursos necesarios para el acceso a estas herramientas; aunque por la falta de formación en el uso adecuado, solo un pequeño grupo de académicos hagan uso de ellas y, en última instancia, el potencial democratizador de estas herramientas se termine desaprovechando. (3) Un tercer escenario en donde existan personas formadas en el uso de IA y busquen incorporarlas a su labor académica, pero el alto costo de acceso las haría inaccesibles para muchos, aumentando la desigualdad entre aquellos que pueden permitirse el uso de IA y quienes no tienen los recursos para hacerlo, creando una brecha cada vez más profunda en el ámbito académico. Y, finalmente, (4) el escenario más complicado para la incorporación de las IA, en donde el costo para el uso de estas representa una primera barrera de acceso junto a la falta de formación y aceptación de estas en el ámbito académico.

Estos posibles escenarios ilustran el potencial transformador que la IA tiene para la generación y transmisión del conocimiento, y los entornos educativos no son la excepción a estos cambios. La IA está reconfigurando la manera en que se estructura y utiliza la información en el ámbito educativo, ofreciendo nuevas perspectivas que pueden ser de gran valor para los docentes y estudiantes. Los algoritmos de IA tienen la capacidad de analizar grandes volúmenes de datos, identificar patrones y generar nuevas perspectivas que pueden ayudar a los docentes a diseñar actividades y planes de clase más dinámicos, personalizados y adaptados a las necesidades de las nuevas generaciones, quienes han integrado el uso de estas herramientas para su uso cotidiano.

Estos cambios e innovaciones en la academia y en los procesos de enseñanza-aprendizaje plantean desafíos y dilemas éticos que deben abordarse. La integración de la IA en las aulas de educación superior requiere una reflexión cuidadosa sobre las dinámicas cotidianas dentro del contexto educativo; en particular, cómo el acceso a estas herramientas modifica las relaciones de poder entre docentes y estudiantes, al permitir que estos últimos procesen información y automaticen la generación de datos y tareas sin que, necesariamente, exista un proceso de aprendizaje real.

Jerarquías y relaciones de poder en las aulas a partir de la introducción de la IA

La introducción de las IA en las aulas ha dado lugar a una reconfiguración de las jerarquías y relaciones de poder dentro del entorno educativo. Estas tecnologías, que pueden ser utilizadas para facilitar y mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje, han traído consigo una serie de cambios que impactan directamente en la dinámica tradicional entre estudiantes y docentes.

Como es posible observar, en la mayor parte de los escenarios planteados por Cárdenas (2023), la incorporación de las IA en el ámbito académico trae como resultados cambios en las dinámicas y las formas en que funciona la producción de conocimiento, teniendo el potencial de democratizar o aumentar la desigualdad entre los investigadores. Teniendo en mente estos escenarios posibles, es importante considerar cómo la introducción de estas herramientas puede tener efectos similares en el ámbito educativo, pudiendo desafiar la autoridad tradicional del docente como la fuente principal de conocimiento en el aula.

Con el acceso a información instantánea y herramientas de aprendizaje adaptativas, los estudiantes pueden encontrar respuestas y recursos sin depender exclusivamente del profesor; esto puede erosionar la percepción de la autoridad del docente, especialmente si no se aborda de manera adecuada el uso de estas herramientas. La incorporación de las IA sin lineamientos éticos de por medio puede generar un ambiente en el que los estudiantes eviten realizar las actividades diseñadas para desarrollar habilidades y competencias esenciales, afectando su proceso de aprendizaje y formación integral. Al respecto, Castillejos (2022) mencionó:

> No es el profesor quien coloca al aprendiz en un individuo que recibe «cucharadas de información», sino es el propio aprendiz que se niega a ejercer su pensamiento crítico y creativo en las actividades de aprendizaje que les agenda su profesor. Recurre a lo más cómodo y fácil para sus intereses, desarrollar un ensayo o realizar un ejercicio matemático por medio de las herramientas y aplicaciones de IA. (p.18)

La disposición de los estudiantes a utilizar la IA de manera poco ética para realizar las actividades o tareas asignadas por el docente impacta negativamente en la relación docente-estudiante. Esta relación, entendida como una dinámica de enseñanza-aprendizaje, se basa en que la posesión del conocimiento por parte del docente desempeña un papel central en las asimetrías de poder respecto al estudiante dentro del contexto del aula y la institución educativa. Estas relaciones asimétricas forman una parte fundamental de las visiones más tradicionales de la práctica docente:

> La mayoría de las veces, la cátedra es impartida de manera vertical, donde los saberes y competencias de los alumnos tienen poca o ninguna relevancia. A partir del conocimiento, el maestro esgrime otra función exclusiva: evaluar y examinar a los alumnos; acción que, si bien tiene funciones claras en el aprendizaje, es la más contundente del poder, y, fundamentada en el saber, permite al maestro asignar meritocráticamente un lugar al sujeto, tarea final de la normatización con la que signa a los alumnos. En ella se observa asimismo la distancia patente de lo que conoce el alumno frente a lo que sabe el docente. (Sánchez, 2005, p.25)

El problema de los usos poco éticos de la IA por parte de los estudiantes no radica en el cuestionamiento tácito a la asimetría en los roles entre docente y estudiante, mediada por la posesión de conocimientos que aparentemente están al alcance de los estudiantes con unos pocos clics, sino en las consecuencias que esto tiene para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Al respecto, Castillejos (2022) destacó que los estudiantes, influenciados por videos instructivos en plataformas como TikTok, pueden utilizar la IA de manera no ética para completar e incluso automatizar el proceso de realización de tareas y actividades asignadas por los docentes; este tipo de prácticas puede afectar el desarrollo del pensamiento crítico y creativo de los estudiantes, así como su inteligencia lógico-matemática y lingüística.

Además, se deben considerar las limitaciones existentes de las IA contemporáneas para el análisis de fenómenos sociales. En el ámbito del análisis del comportamiento social, por ejemplo, la IA carece de la capacidad para explorar relaciones intersubjetivas, profundizar en el significado de las acciones de los sujetos o analizar el contexto en el que estas se desarrollan (Cárdenas, 2023).

Considerando los elementos anteriores, es importante reconocer que, dentro de las relaciones de poder que se ejercen en las aulas universitarias, los estudiantes no son sujetos pasivos, sino que pueden actuar como puntos de resistencia en esas relaciones para disminuir la autoridad que ejerce el docente (Hernández, 2006). En ese sentido, el uso poco ético de la IA por parte de los estudiantes podría interpretarse como un acto que desafía la verticalidad de estas relaciones y los roles establecidos entre alumno y docente dentro del aula y la institución educativa.

Para ejercer el dominio del saber, algunos docentes utilizan diversas técnicas que refuerzan las relaciones de poder y los roles de docente y estudiante dentro del aula, como parte de las asignaturas y las competencias que los estudiantes deben desarrollar. Un ejemplo de esto es el examen, que actúa como un ritual del saber-poder en el ámbito educativo (Vain, 2004).

Algo que no se ha considerado también es cómo el uso de las IA puede influir en las dinámicas de poder entre los propios estudiantes. Aquellos con mayor habilidad para utilizar estas tecnologías pueden ganar influencia y prestigio dentro del grupo, mientras que aquellos que luchan por adaptarse al uso de estas o que no tienen conocimientos suficientes para utilizarlas pueden sentirse marginados o excluidos. Esto puede crear una nueva jerarquía entre los estudiantes, basada en la competencia tecnológica y no en el rendimiento académico tradicional.

Por otro lado, la distribución desigual del acceso y la habilidad para utilizar las IA también puede amplificar las disparidades existentes entre los estudiantes. Aquellos con recursos y habilidades tecnológicas más avanzadas pueden tener una ventaja significativa sobre aquellos que carecen de acceso o conocimientos tecnológicos, lo cual puede perpetuar y profundizar las brechas socioeconómicas y educativas, creando una nueva forma de jerarquía basada en la tecnología.

Frente a las situaciones antes mencionadas, es relevante reflexionar sobre los cambios que implica el uso de estas tecnologías para la educación. También es importante reconocer las limitaciones de las aproximaciones actuales de las instituciones educativas y los docentes, evitando caer en la tecnofobia y optando por la incorporación transversal de estas tecnologías; esto implica promover la alfabetización digital de forma colaborativa y utilizar la IA como herramientas de ayuda (Moreno, 2019).

Estas transformaciones en las dinámicas de enseñanza-aprendizaje en las aulas, el desarrollo de nuevas tecnologías para la educación en línea y el uso de la IA en el ámbito educativo están estrechamente vinculados con la aparición de nuevos tipos de estudiantes, quienes se caracterizan por ser autodidactas y por desarrollar conocimientos y habilidades en torno a las tecnologías de la información y la comunicación (García, 2021). Por lo tanto, más que temer a los cambios en las relaciones de poder entre docentes y estudiantes a causa del uso de la IA por parte de estos últimos, es importante destacar cómo la IA puede ser una herramienta poderosa para democratizar el acceso al conocimiento. Cuando se utilizan de manera ética y equitativa, estas tecnologías tienen el potencial de nivelar las oportunidades, ofreciendo aprendizaje personalizado y accesible para todos. Si se implementan adecuadamente, podrían transformar las relaciones de poder en el aula, fomentando una cultura de colaboración y autonomía entre estudiantes y docentes.

En ese sentido, ante la aparición de IA como ChatGPT, algunos académicos consideran que, en el nivel de educación superior, además de elaborar planes de estudio, materiales educativos y fomentar la investigación, los docentes deben orientar a los estudiantes en el uso adecuado de estas herramientas; esto implica desarrollar ejemplos y actividades que incorporen estas tecnologías de manera efectiva. Por ejemplo, se podría

utilizar ChatGPT en clase para enseñar a los estudiantes a generar indicaciones basadas en los materiales que estén revisando, de forma que la formulación de estas indicaciones se convierta en un proceso de enseñanza de los contenidos que el docente busca impartir; al mismo tiempo, esta práctica enseña a los estudiantes a utilizar estas herramientas de manera ética y adecuada (Crovetto, 2023).

De esta manera, la introducción de la IA en las aulas está redefiniendo las jerarquías y relaciones de poder en el entorno educativo. Si bien presenta desafíos, también ofrece oportunidades para abordar las desigualdades existentes, promoviendo un ambiente de aprendizaje más inclusivo y colaborativo. Es fundamental que educadores y diseñadores de políticas educativas en el nivel superior enfrenten estos desafíos de manera proactiva para garantizar que la IA se utilice de manera ética y equitativa en beneficio de todos los estudiantes. En la búsqueda de desarrollar este panorama inclusivo, a continuación, se presentan algunas propuestas de acción que podrían ser útiles para ese propósito.

Propuestas de acción ante un futuro incierto

Es primordial adoptar un enfoque crítico y reflexivo hacia la integración de la IA en la educación, considerando cómo estas tecnologías pueden influir en las dinámicas de poder, la autoridad del docente y la participación de los estudiantes en las dinámicas de enseñanza-aprendizaje en las aulas. Solo así se podrá aprovechar plenamente el potencial transformador de la IA en el ámbito educativo, asegurando que beneficie a todos los estudiantes y promueva una educación que desarrolle la reflexividad y el pensamiento crítico de los estudiantes.

Para abordar activamente las desigualdades emergentes y fomentar una integración reflexiva de la IA en las aulas, es necesario implementar políticas y estrategias que promuevan un uso reflexivo de estas. A continuación, se presentan tres medidas que podrían ayudar a alcanzar estos objetivos:

1. Formación docente en la utilización de la IA y la ética tecnológica: Proporcionar desarrollo profesional para docentes sobre el uso ético y efectivo de la IA en el aula. Esto incluiría la capacitación en el diseño de planes de clase que incorporen la IA en distintas facetas, tales como ejercicios, tareas y actividades en donde su uso sea integral para el desarrollo de las competencias a desarrollar en clase.
2. Fomento de la colaboración y el aprendizaje colaborativo: Promover un ambiente de aprendizaje colaborativo donde los estudiantes trabajen juntos para resolver problemas y compartir conocimientos. Esto ayudaría a contrarrestar la noción errónea de que el acceso a las IA es equivalente a poseer conocimientos concluyentes sobre cualquier tópico y fomentaría el pensamiento crítico de los estudiantes, al

mismo tiempo que se desarrollaría en ellos una comprensión más completa del material a través de la discusión y la colaboración mediada por la guía de los docentes.

3. Evaluación equitativa y diversificada: Revisar y adaptar los métodos de evaluación para garantizar que reflejen de manera equitativa las habilidades y conocimientos adquiridos, independientemente del acceso a la tecnología. Esto podría incluir la utilización de múltiples formas de evaluación, como proyectos creativos, presentaciones orales y discusiones en grupo que incentiven a los estudiantes a dialogar sobre lo que están aprendiendo en clase.

Al implementar estas políticas y estrategias, se podrá avanzar hacia un futuro en el que la IA se integre plenamente y de forma transversal en las aulas de educación superior. Esto permitirá que el rol del docente como orientador en los procesos de enseñanza-aprendizaje se mantenga e incluso se fortalezca, evitando que el uso de estas herramientas perpetúe o amplifique las brechas sociales existentes en el ámbito educativo.

Conclusión

Este trabajo buscó reflexionar sobre la necesidad de que tanto docentes como estudiantes repiensen sus roles dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje ante la implementación de herramientas de IA. Esta reflexión se hace aún más necesaria debido al uso de estas tecnologías por parte de los estudiantes, que les permite automatizar tareas y actividades diseñadas para la adquisición de conocimientos y el desarrollo de competencias esenciales para su formación académica y profesional.

La introducción de la IA en las aulas universitarias está reconfigurando las formas de generación y distribución del conocimiento. Esta transformación puede favorecer tanto la democratización del acceso al conocimiento como la ampliación de desigualdades, dependiendo del nivel de acceso y las habilidades de los individuos para utilizar estas tecnologías.

Los usos adecuados de esta tecnología por parte de los estudiantes tienen el potencial de desvalorizar los procesos de enseñanza-aprendizaje y, al mismo tiempo, cuestionar el papel del docente como facilitador, especialmente cuando el acceso al conocimiento parece estar al alcance de un clic. En ese sentido, este capítulo y las propuestas desarrolladas a partir de él podrían servir como una reflexión profunda sobre los cambios y las continuidades en la relación entre estudiantes y docentes dentro de los procesos educativos.

Estos cambios exigen una reflexión profunda sobre sus implicaciones en la vida cotidiana de docentes y estudiantes en las aulas universitarias, de tal forma que se ge-

neren estrategias que contribuyan a repensar la relación entre conocimiento y poder, así como los roles de los participantes en los procesos de enseñanza-aprendizaje dentro de este contexto.

Considerando lo expuesto a lo largo del capítulo, es esencial que estudiantes y futuros egresados aborden de forma crítica y con una mentalidad abierta la implementación de las IA en el ámbito laboral. Al observar tanto las capacidades como las limitaciones de estas tecnologías, podrán destacar cómo las competencias que la universidad y los docentes buscan desarrollar en las aulas no solo no pueden ser reemplazadas por la IA, sino que incluso pueden complementarse y potenciarse mediante su uso.

Referencias

Cárdenas, J. (2023). Inteligencia artificial, investigación y revisión por pares: escenarios futuros y estrategias de acción. *RES. Revista Española de Sociología, 32*(4), 199.

Castillejos, B. (2022). Inteligencia artificial y entornos personales de aprendizaje: atentos al uso adecuado de los recursos tecnológicos de los estudiantes universitarios. *Educación, 31*(60), 9-24.

Crovetto, A. (2023). Chat GPT y la educación superior. *Futuro Hoy, 4*(1).

García, J. J. (2021). Implicancia de la inteligencia artificial en las aulas virtuales para la educación superior. *Orbis Tertius-UPAL, 5*(10), 31-52. https://doi.org/10.59748/ot.v5i10.98

Hernández, M. G. (2006). El ejercicio del poder del maestro en el aula universitaria. *CPU-e, Revista de Investigación Educativa*, (2), 181-200.

Moreno, R. D. (2019). La llegada de la inteligencia artificial a la educación. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI, 7*(14), 260-270.

Mori, A. K. (2022). Sociología de la tecnología: La sociedad del código, software e inteligencia artificial. *Futuro Hoy, 3*(1), 14-18.

Sánchez, A. G. (2005). La relación maestro-alumno: ejercicio del poder y saber en el aula universitaria. *Revista de Educación y Desarrollo, 4*, 21-27. https://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/anteriores/4/004_Sanchez.pdf

Vain, P. D. (2004). Las relaciones de poder en el aula universitaria. Un caso paradigmático: el examen. *Docencia universitaria, 4*(2), 47-64.

14 El rol de la analítica de aprendizaje y la inteligencia artificial en la mejora de la calidad educativa dentro de ambientes virtuales de aprendizaje

Raquel Itzel Molina Rodríguez @, Alan David Román Méndez @ y Martin Antonio Muñiz Grimaldo @

En la era digital, los ambientes virtuales de aprendizaje (AVA) se han convertido en una herramienta fundamental en la educación, ofreciendo flexibilidad, accesibilidad y oportunidades de personalización del aprendizaje. En este contexto, la analítica de aprendizaje y la inteligencia artificial (IA) han conseguido crecer sustancialmente gracias a su algoritmia para hacer recomendaciones, predicciones, tomar decisiones y aprender en diferentes contextos (Chen et al., 2022; Martínez-Comesaña et al., 2023), ambas emergen como poderosas herramientas para mejorar la calidad educativa dentro de los AVA.

En el ámbito educativo, algunos autores expresan que los datos generados en estas plataformas pueden ser analizados con el fin de mejorar los procesos educativos, realizar seguimiento a indicadores del sistema y predecir dificultades estudiantiles y mejoras de los procesos institucionales (Estrada et al., 2015; Kuliya & Usman, 2020).

La analítica de aprendizaje y la inteligencia artificial generativa (IAG) emergen como respuestas innovadoras a estos desafíos, potenciando la capacidad de hacer recomendaciones personalizadas, predecir rendimientos y optimizar los procesos educativos a través de algoritmos avanzados. Este estudio se enfoca en cómo estas herramientas pueden mejorar la calidad educativa dentro de los AVA, tomando como caso de estudio la estrategia de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) para integrar estas tecnologías en sus procesos educativos.

Analítica de aprendizaje e inteligencia artificial

La analítica de aprendizaje (AA) se refiere al proceso de recopilación, análisis y utilización de datos generados durante el proceso de enseñanza-aprendizaje para mejorar la toma de decisiones educativas y optimizar los resultados del aprendizaje (Siemens et al., 2011). En los AVA, la analítica de aprendizaje permite a los docentes, diseñadores, coordinadores y demás interesados obtener información valiosa sobre el progreso y desempeño de los estudiantes, identificar patrones de comportamiento y adaptar las estrategias de enseñanza para satisfacer las necesidades individuales de los alumnos.

Fiallos et al. (2022) destacaron la importancia de aplicar la analítica de aprendizaje para mejorar la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje, capitalizando en beneficio de la sociedad y los profesionales, analizando el comportamiento y prediciendo el rendimiento de los estudiantes, así como la práctica docente, el uso de materiales y la construcción del currículo.

Por su parte, Jiménez-García et al. (2024) propusieron el Modelo SAMR (en inglés, *Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition*) como guía para describir el uso de la IA en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Según su nivel de integración, desde sustituir herramientas tradicionales, ampliar capacidades, modificar sistemas de aprendizaje, incluyendo el análisis de datos, hasta llegar a redefinir el proceso con tecnologías de adaptación de la enseñanza y el aprendizaje.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2021) indicó que el empleo de estas tecnologías tiene como objetivo brindar a cada estudiante, en cualquier lugar del mundo, acceso a un aprendizaje a lo largo de la vida de alta calidad, personalizado y ubicuo (formal, informal y no formal).

De esta manera, Atiaja (2023) presentó un modelo de análisis de aprendizaje, que permite utilizar la analítica del aprendizaje no solo como un conjunto de indicadores, sino como una herramienta para plantear estrategias de innovación, buscando mejorar la calidad educativa. Este modelo incluye diez componentes que abarcan desde la consulta y el análisis de datos hasta el desarrollo de nuevas estrategias docentes para un aprendizaje significativo.

Una de las aplicaciones más destacadas de la analítica de aprendizaje en los AVA es la predicción del desempeño estudiantil. En la Tabla 1, se presentan los casos de instituciones educativas que, mediante el análisis de datos como la participación en actividades, el tiempo dedicado a los materiales de estudio y los resultados de evaluaciones, los algoritmos de analítica pueden predecir con precisión el rendimiento futuro de los estudiantes y alertar a los docentes sobre aquellos que puedan necesitar apoyo adicional. Por otra parte, existen variaciones en cuanto al enfoque principal, ya sea para reducir el índice de abandono escolar o mejorar la práctica docente.

Tabla 1

Experiencias de uso de analítica del aprendizaje en diversas instituciones de educación superior

Institución	Objetivo	Datos
Universidad del País Vasco (Álvarez-Arana et al., 2020)	Dirigido a docentes, para ayudarlos a mejorar su práctica de enseñanza.	Nombre y apellido del estudiante, elementos evaluables y calificaciones.
Universitat Politècnica de València (Martínez & Despujol, 2021)	Reducir el índice de abandono en cursos MOOC.	Tareas realizadas, vistas de los videos asignados.
Tecnológico de Monterrey (Castañeda, 2023)	Analizar datos educativos para reducir la tasa de deserción de cambio de carrera.	Información educativa, las conductas, las tendencias.
Georgia State University (Ferguson et al., 2016)	Mejorar la retención e índices de graduación. Así como usar modelos predictivos para reconocer estudiantes con resultados académicos extraordinarios que podrían interrumpir sus estudios por problemas económicos.	Calificaciones, ingresos a plataforma, resultados de intervenciones, información demográfica.
New York Institute of Technology (Sclater et al., 2016)	Aumentar la retención de estudiantes de primer año a través de un modelo predictivo basado en datos.	Información de aplicación, resultados de la prueba de clasificación, encuesta institucional e información financiera.
Open Universities Australia (OUA) (Sclater et al., 2016)	Utilizan los datos para personalizar las rutas de aprendizaje de cada estudiante según sus necesidades detectadas.	Perfil del estudiante (localización, información sociodemográfica, conocimientos previos, etc.). Perfil de aprendizaje (uso de contenido en línea, cumplimiento de tareas, participación en foros, etc.). Perfil curricular (requerimientos del módulo y programa, rutas alternativas, etc.).

González-Lerma y Lugo-Silva (2020) presentaron hallazgos que destacan el fortalecimiento de la práctica docente mediante el uso de un entorno de aprendizaje enfocado en el desarrollo de la competencia analítica en docentes, es decir, el aprovechamiento de datos para tomar decisiones que mejoren el proceso de enseñanza-aprendizaje (International Society for Technology in Education [ISTE], 2019).

La inteligencia artificial, por otro lado, ofrece capacidades avanzadas de procesamiento de datos y toma de decisiones automatizadas que pueden potenciar la calidad educativa en los AVA. Los sistemas de IA pueden emplearse para crear entornos de aprendizaje adaptativos, donde el contenido y las actividades se personalizan según las necesidades y preferencias individuales de cada estudiante. Bahroun et al. (2023) resaltaron la importancia de la IAG en la transformación educativa, subrayando su papel en la personalización del aprendizaje, el apoyo mediante sistemas de tutoría inteligente y la evaluación adaptativa.

Si bien se han revisitado algunos usos de la IA, como un campo en expansión, han surgido múltiples subconjuntos; entre ellos, el aprendizaje automático, que permite a un sistema aprender a través de redes neuronales, sin requerir una programación directa, a través del análisis de grandes cantidades de datos. De La Hoz et al. (2019) utilizaron este método para predecir el desempeño de los estudiantes en ambientes virtuales; además, clasificaron las necesidades de cada estudiante de acuerdo con las conclusiones obtenidas a partir de los datos y su análisis gracias a la IA.

Por su parte, la UABC ha publicado orientaciones sobre el uso académico de la IA, enfatizando las oportunidades laborales, los desafíos éticos, equitativos y transparentes, así como el bienestar de la comunidad universitaria para su adopción responsable, una vertiente en la que se usa la IA para crear nuevos datos, contenidos o materiales (Sadiku et al., 2021).

Además, en 2024, la UABC introdujo un manual con recomendaciones para incorporar la IAG en las aulas, promoviendo un enfoque pedagógico en el empleo de estas herramientas tecnológicas, destacando su potencial para crear nuevos contenidos y materiales.

Analítica de aprendizaje en la UABC

El Catálogo de Unidades de Aprendizaje en Línea (CUAL) fue lanzado en el ciclo escolar 2014-2, con el objetivo de ofrecer a los estudiantes de licenciatura del Estado de Baja California la oportunidad de cursar unidades de aprendizaje en línea como parte de su carga académica semestral, utilizando la plataforma institucional *Blackboard*. Este programa es operado por el Centro de Investigación para el Aprendizaje Digital (CIAD) y busca desarrollar competencias clave en los estudiantes mediante el uso de tecnologías de información, comunicación y colaboración. Recientemente, se incorporaron los cursos "Inteligencia Artificial y Sociedad" y "Análisis Basado en Datos" que ofrecen una formación integral en IA y análisis de datos, suministrando a los estudiantes competencias para su aplicación en el entorno profesional.

Hoy en día, los datos se han convertido en una necesidad competitiva para las organizaciones, ya que son fundamentales para la toma de decisiones. En el ámbito educativo, la docencia apoyada por aulas virtuales a través de sistemas de gestión de aprendizaje (*Learning Management Systems*, LMS) genera un gran volumen de datos que se procesan a gran velocidad y abarcan una amplia variedad, incluyendo datos estructurados, semiestructurados y no estructurados.

En la actualidad, el CUAL atiende a 1624 estudiantes, distribuidos en los tres campus de la UABC: Mexicali, Tijuana y Ensenada. Debido a la naturaleza completamente virtual de todas las asignaturas, se emplea la plataforma institucional *Blackboard* para gestionar las interacciones de los estudiantes en los cursos. Sin embargo, la gran cantidad de estudiantes dificulta el seguimiento individualizado y personalizado, lo que puede incrementar el riesgo de deserción escolar. Por consiguiente, en el transcurso del 2022, se implementó un sistema para extraer datos relacionados con el seguimiento de los estudiantes inscritos; este esfuerzo condujo a la generación de indicadores, divididos en dos grupos principales. El Grupo 1 aborda los antecedentes y perfil de ingreso de los estudiantes, incluyendo aspectos como antecedentes académicos, perfil académico, condición socioeconómica y demográfica, condiciones de salud, discapacidad y dificultades de aprendizaje, así como condiciones específicas como edad, género, estado civil, número de hijos, y situaciones laborales y familiares. Por otro lado, el Grupo 2 se centra en el desempeño y participación de los estudiantes en el curso, abarcando aspectos como calificaciones, desarrollo de metas y tareas, presencia en la plataforma y su interacción. Estos datos permiten una evaluación más precisa de la situación de cada estudiante, facilitando la implementación de estrategias de apoyo y retención adecuadas para mejorar su experiencia académica y reducir la deserción escolar.

Además, para mejorar la gestión y análisis de los datos recopilados, se ha incorporado un tablero de visualización de datos con AA en la herramienta *Quicksight*. Este tablero proporciona una interfaz intuitiva y dinámica que permite a los administradores y docentes acceder fácilmente a los indicadores clave de rendimiento de los estudiantes en tiempo real; al consolidar y presentar de manera visual la información relevante, el tablero facilita la identificación de tendencias, patrones y áreas de mejora tanto a nivel individual como a nivel grupal.

Los beneficios de esta incorporación son diversos. En primer lugar, la IA integrada en *Amazon QuickSight* permite un análisis más profundo y sofisticado de los datos, identificando automáticamente relaciones complejas entre variables y generando *insights* predictivos sobre el rendimiento estudiantil; esto facilita la detección temprana de posibles problemas y la implementación de intervenciones personalizadas de manera aún

más precisa y eficiente. Además, al proporcionar una visión holística de los diferentes aspectos del desempeño estudiantil, desde el rendimiento académico hasta las condiciones socioeconómicas y de salud, el tablero de visualización de datos con IA permite una toma de decisiones más informada y orientada a resultados. Finalmente, al fomentar la transparencia y la colaboración entre los diferentes actores involucrados en el proceso educativo, incluidos los estudiantes, los docentes y los administradores, contribuye a crear un entorno de aprendizaje más inclusivo y centrado en el éxito estudiantil.

Conclusiones

La integración de la analítica de aprendizaje y la inteligencia artificial en los AVA ofrece una serie de beneficios para los docentes y los estudiantes. En primer lugar, permite una personalización efectiva del aprendizaje, adaptando el contenido y las actividades según las necesidades individuales de cada estudiante. Esto puede conducir a una mayor motivación y compromiso, así como a una mejora en los resultados del aprendizaje. Además, la capacidad de los sistemas de IA para proporcionar retroalimentación instantánea y apoyo personalizado puede aumentar la eficiencia del proceso educativo y reducir la carga de trabajo del docente.

Una de las principales ventajas de la incorporación de análisis de datos en la educación superior es la capacidad de mejorar la toma de decisiones basadas en datos. Como lo observamos en la revisión de experiencias de aplicación en las IES, los datos pueden ser utilizados para identificar las áreas en las que los estudiantes están teniendo dificultades y, así, desarrollar intervenciones para ayudarlos a superarlas. Algunos autores mencionan que pueden ser utilizados para identificar patrones y tendencias en el rendimiento académico y para ajustar los programas de estudio con el fin de mejorar el aprendizaje de los estudiantes (Díaz-Arroyo et al., 2023; Díaz-Landa et al., 2021; Díaz-Serrano et al., 2022; Villarruel-Meythaler et al., 2020).

Otra ventaja de la analítica de datos en la educación superior es la capacidad de mejorar la eficiencia y la eficacia de los procesos administrativos. Por ejemplo, los datos pueden ser utilizados para analizar el rendimiento del personal docente e identificar las áreas en las que se necesitan mejoras; así como para identificar las áreas en las que se están produciendo cuellos de botella en los procesos administrativos y desarrollar soluciones para mejorar la eficiencia.

En resumen, la incorporación de análisis de datos en la educación superior cuenta con la posibilidad de ser una herramienta poderosa para la transformación digital, permitiendo una toma de decisiones basada en datos más precisa y eficaz, y mejorando la eficiencia y la eficacia de los procesos administrativos.

La analítica de datos en la educación superior no solo ha sido una estrategia clave para el seguimiento y retención de estudiantes, sino que ahora, con la inclusión de la IA en la analítica de aprendizaje, se propone expandir su escala y alcance. Esto incluye el seguimiento detallado de la actividad docente con respecto a la interacción con sus estudiantes, un área que hasta ahora ha sido relativamente inexplorada.

La aplicación de IA en este contexto permite un análisis más profundo y automatizado de cómo los docentes gestionan sus cursos en modalidades semipresenciales y a distancia, la revisión de tareas y el seguimiento del progreso en el contenido del curso. Este enfoque innovador promete transformar y enriquecer la comprensión de los procesos de enseñanza y aprendizaje a través del uso de herramientas que complementen y apoyen la práctica de los actores involucrados, así como abriendo nuevas vías para mejorar la calidad educativa.

Referencias

Álvarez-Arana, A., Villamañe-Gironés, M., & Larrañaga-Olagaray, M. (2020). Mejora de los procesos de evaluación mediante analítica visual del aprendizaje. *Education in the Knowledge Society, 21*(9), 1-13.

Atiaja, L. (2023). *Uso de la analítica del aprendizaje de los estudiantes para minimizar la pérdida escolar en las diferentes modalidades de estudio* [Tesis de maestría]. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25199

Bahroun, Z., Anane, C., Ahmed, V., & Zacca, A. (2023). Transforming Education: A Comprehensive Review of Generative Artificial Intelligence in Educational Settings through Bibliometric and Content Analysis. *Sustainability, 15*(17), 12983. https://doi.org/10.3390/su151712983

Castañeda, G. (2023). Analíticas de aprendizaje como herramienta de apoyo para la educación superior. *Observatorio*. https://observatorio.tec.mx/edu-bits-blog/analiticas-de-aprendizaje-como-herramienta-de-apoyo-para-la-educacion-superior/

Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial Intelligence in Education: a review. *IEEE Access, 8,* 75264-75278. https://www.semanticscholar.org/paper/Artificial-Intelligence-in-Education%3A-A-Review-Chen-Chen/a7a407968c13ced804a063259d72315a43b84f29

De La Hoz, E., De La Hoz, E.., & Fontalvo, T. (2019). Methodology of Machine Learning for the classification and Prediction of users in Virtual Education Environments. *Información tecnológica, 30*(1), 247-254. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000100247

Díaz-Arroyo, E., Rueda-Olivella, A., Marin-Hamburger, Y., Ospino-Mendoza, E., Arrieta-Reales, N., Manotas, E. N., & Garizábalo-Dávila, C. M. (2023). Interaction of teaching styles with learning styles in university students: Case of Universidad de la Costa – Colombia. *Procedia Computer Science, 224*, 507–512. https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.09.073

Díaz-Landa, B., Meleán-Romero, R., & Marín-Rodriguez, W. (2021). Rendimiento académico de estudiantes en Educación Superior: predicciones de factores influyentes a partir de árboles de decisión. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, 23*(3), 616-639. https://ojs2.urbe.edu/index.php/telos/article/view/3568

Díaz-Serrano, J., Alfageme-González, M. B., & Cutanda, M. T. L. (2022). Interacción del rendimiento académico con los estilos de aprendizaje y de enseñanza. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 25*(1), 145–160. https://doi.org/10.6018/reifop.486081

Estrada, J., Torres, N., Vásquez, D., Quintero, R., & Castellanos, M. (2015). *Bajo rendimiento académico en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.* Editorial UD.

Ferguson, R., Brasher, A., Clow, D., Cooper, A., Hillaire, G., Mittelmeier, J., Rienties, B., Ullmann, T., & Vuorikari, R. (2016). *Research Evidence on the Use of Learning Analytics: Implications for Education Policy.* Joint Research Centre. https://doi.org/10.2791/955210

Fiallos, J., Jiménez, J., & Branch, J. (2022). Analítica de enseñanza y aprendizaje en cursos de programación. *Campus Virtuales, 11*(1), 35-49. https://doi.org/10.54988/cv.2022.1.880

González, L., & Lugo, C. S. J. (2020). Fortalecimiento de la práctica docente con Learning Analytics: estudio de caso. *Praxis & Saber, 11*(25), 227–254. https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n25.2020.9075

International Society for Technology in Education. (2019). *ISTE Standards for educators.* ISTE.

Jiménez-García, E., Orenes Martínez, N., & López-Fraile, L. A. (2024). Rueda de la Pedagogía para la Inteligencia Artificial: adaptación de la Rueda de Carrington. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 27*(1), 87-113. https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37622

Kuliya, M., & Usman, S. (2020). Perceptions of E-learning among Undergraduates and Academic Staff of Higher Educational Institutions in North-Eastern Nigeria. *Education and Information Technologies, 26*, 1787-1811. https://doi.org/10.1007/s10639-020-10325-x

Martinez, J. A., & Despujol, I. (2021). Machine Learning para la mejora de la experiencia con MOOC: el caso de la Universitat Politècnica de València. *RiiTE Revista interuniversitaria de investigación en Tecnología Educativa*, (10), 91–104. https://doi.org/10.6018/riite.466251

Martínez-Comesaña, M., Rigueira-Díaz, X., Larrañaga-Janeiro, A., Martínez, J. M., Ocarranza-Prado, I., & Kreibel, D. (2023). Impacto de la inteligencia artificial en los métodos de evaluación en la educación primaria y secundaria: revisión sistemática de la literatura. *Revista de Psicodidáctica, 28*(2), 93–103. https://doi.org/10.1016/j.psicod.2023.06.001

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2021). *Inteligencia artificial y educación: guía para las personas a cargo de formular políticas.* UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994

Sadiku, M., Ashaolu, T., Ajayi-Majebi, A., Musa, S. (2021). Artificial Intelligence in Education. *International Journal of Scientific Advances (IJSCIA), 2*(1), 5-11. https://doi.org/10.51542/ijscia.v2i1.2

Sclater, N., Peasgood, A., & Mullan, J. (2016). *Learning analytics in higher education: A review of UK and international practice.* Jisc Involve.

Siemens, G., Gasevic, D., Haythornthwaite, C., Dawson, S., Shum, S., Ferguson, R., Duval, E., Verbet, K., & Baker, R. (2011). *Open Learning Analytics: an Integrated & Modularized Platform.* Society for Learning Analytics Research. https://solaresearch.org/wp-content/uploads/2011/12/OpenLearningAnalytics.pdf

Villarruel-Meythaler, R. E., Tapia-Morales, K. I., & Cárdenas-García, J. K. (2020). Determinantes del rendimiento académico de la educación media en Ecuador. *Revista Economía y Política,* (32). http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2477-90752020000100212

15 Herramientas de inteligencia artificial para la personalización del aprendizaje

Mabel Vázquez Briseño @, *Christian Xavier Navarro Cota* @
y Juan Iván Nieto Hipólito @

La personalización del aprendizaje es una necesidad y un desafío en la educación actual. En este escenario, la inteligencia artificial (IA) emerge como una herramienta a explorar, dado que posee características que pueden facilitar la personalización mediante instrumentos innovadores desarrollados en los últimos años.

En este capítulo, se exploran las necesidades y motivaciones que impulsan la personalización del aprendizaje en entornos de educación superior, considerando las capacidades diversas de los estudiantes. Asimismo, se examina cómo la IA puede aplicarse para personalizar la enseñanza, centrándose en herramientas para este fin.

Características de IA para la personalización del aprendizaje

La personalización del aprendizaje o aprendizaje personalizado no es un concepto nuevo; sin embargo, su aplicación ha sido un desafío que se ha visto favorecido por la integración de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en el ámbito educativo. En este enfoque, en lugar de seguir un método de enseñanza uniforme para todos los estudiantes, se busca proporcionar experiencias de aprendizaje adaptadas a las características únicas e intereses individuales de cada uno. Para implementar eficazmente este enfoque, se deben analizar las características individuales de cada participante e incorporar estrategias basadas en esos resultados, lo que permite crear un entorno de aprendizaje más significativo y ajustado a las necesidades y preferencias iniciales, incluso considerando sus intereses específicos.

En la educación superior, es factible que los estudiantes compartan intereses y habilidades relacionadas con su programa de estudios, pero, aun así, pueden tener distintas capacidades y estilos de aprendizaje. Además, factores externos como el entorno familiar y económico, la necesidad de trabajar, factores psicológicos, discapacidades o condiciones mentales, entre otros, pueden influir en el éxito académico y en la capacidad

de adaptación al enfoque educativo general. El aprendizaje personalizado puede llegar a considerar estos factores para fomentar un ambiente de aprendizaje adecuado; por ello, este enfoque ha ganado terreno en todos los niveles educativos, especialmente con el apoyo de las nuevas tecnologías. Según el Foro Económico Mundial, una característica crítica para garantizar un aprendizaje de calidad en la Cuarta Revolución Industrial o Educación 4.0 es el aprendizaje personalizado, que además permita a cada alumno avanzar a su propio ritmo (World Economic Forum, 2020). En este sentido, la IA es una de las tecnologías que pueden beneficiar significativamente este enfoque.

La IA se está utilizando cada vez más en la educación para diversas actividades innovadoras, como la calificación automatizada de ensayos, el monitoreo de clases, simulaciones con realidad aumentada e incluso clases impartidas por robots (Van der Vorst & Jelicic, 2019), entre otras. En este contexto, es importante describir algunas tecnologías de IA que están impulsando la evolución de los entornos de aprendizaje personalizado, entre las cuales se destacan: el procesamiento de lenguaje natural (PLN), el aprendizaje automático y el reconocimiento de patrones.

Procesamiento de lenguaje natural

El procesamiento de lenguaje natural (PLN) es un campo interdisciplinario en el que se incluye la IA y se centra en procesar las características básicas del lenguaje de los humanos y aplicarlo a tareas específicas (Deng & Liu, 2018). El PLN permite a los sistemas de IA comprender, interpretar y generar lenguaje humano de manera natural; esto es relevante en el ámbito educativo, porque se pueden desarrollar herramientas de IA capaces de interactuar con los estudiantes a través del habla o del texto de una manera que se asemeja a la comunicación humana. Con el PLN, los sistemas de IA pueden entender las preguntas (habladas o escritas) y respuestas de los estudiantes, proporcionar explicaciones detalladas en respuesta a consultas, ofrecer instrucciones personalizadas y simular conversaciones tutoriales. Esto facilita la comunicación entre el estudiante y la IA, permitiendo una interacción más fluida y efectiva, lo que a su vez mejora la experiencia de aprendizaje personalizado.

Aprendizaje automático

El aprendizaje automático (*Machine Learning*, ML) se refiere a la capacidad de los sistemas de IA para mejorar automáticamente su rendimiento en una tarea específica a medida que se les proporciona más datos. Se ha definido como un subconjunto de la IA que se centra en desarrollar sistemas que aprendan o mejoran los resultados que arrojan conforme reciben una mayor cantidad de datos. Existen distintos algoritmos de

aprendizaje automático, cada uno utiliza técnicas distintas para alcanzar sus objetivos. Las diferencias radican principalmente en la manera en que utilizan los datos para hacer predicciones; se dividen en aprendizaje supervisado, no supervisado y aprendizaje por refuerzo (Joshi, 2022). En el contexto del aprendizaje personalizado, el aprendizaje automático permite a los sistemas de IA aprender de manera autónoma y mejorar su capacidad para proporcionar experiencias de aprendizaje personalizadas y efectivas para cada estudiante (Chen et al., 2020). A través de algoritmos de aprendizaje automático, se pueden diseñar sistemas capaces de identificar patrones, tendencias y correlaciones en los datos que los educadores pueden usar para adaptar y personalizar la experiencia de aprendizaje de cada estudiante. Además, estos sistemas pueden ajustar continuamente sus modelos y estrategias de personalización a medida que reciben más datos y retroalimentación, lo cual les permite mejorar y adaptarse a las necesidades cambiantes de los estudiantes a lo largo del tiempo.

Reconocimiento de patrones

El reconocimiento de patrones (RP) es una disciplina enfocada en clasificar elementos basándose en sus características distintivas, agrupándolos en subconjuntos o clases específicas. Como una rama integral de la IA y el aprendizaje automático, el RP emplea estas avanzadas técnicas para descubrir regularidades y establecer conexiones significativas entre los datos. En el RP, la clasificación de datos se basa en el conocimiento ya adquirido o en información estadística extraída de patrones o sus representaciones (Murty & Devi, 2011).

En el contexto del aprendizaje personalizado, estas tres tecnologías de IA pueden emplearse para analizar la interacción de los estudiantes con el contenido educativo y extraer información relevante. Esto permite su aplicación en áreas tales como las siguientes:

1. Identificación de estilos de aprendizaje: Los sistemas de IA pueden analizar el comportamiento de los estudiantes, como qué tipo de contenido consumen con más frecuencia (videos, texto, imágenes) o en qué momento del día tienden a estudiar mejor, para identificar sus estilos de aprendizaje preferidos.
2. Detección de fortalezas y debilidades: Mediante el análisis de datos de evaluaciones y actividades de aprendizaje, la IA puede identificar áreas en las que un estudiante tiene un rendimiento sólido y otras en las que necesita más apoyo, permitiendo la personalización de recursos y estrategias educativas.
3. Recomendaciones de contenido personalizadas: Basándose en los patrones observados en el historial de interacción del estudiante, la IA puede recomendar conte-

nido educativo específico, como lecturas adicionales, ejercicios prácticos o recursos multimedia, que se alineen con sus intereses y necesidades individuales.

4. Adaptación del ritmo de aprendizaje: Al monitorear el progreso de los estudiantes a lo largo del tiempo, la IA puede ajustar el ritmo de aprendizaje de manera individualizada, proporcionando más tiempo y apoyo en áreas donde se necesite más atención, y avanzando más rápidamente en aquellas en las que el estudiante muestra un dominio sólido.

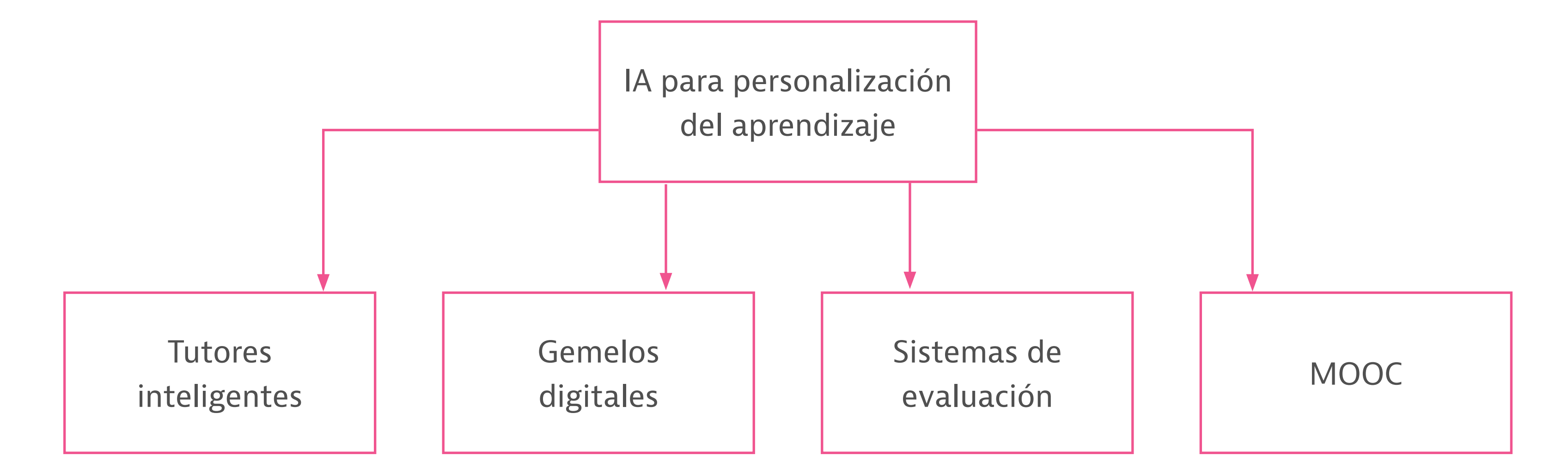
Herramientas de IA para la personalización del aprendizaje

Como se ha mencionado, la base de la personalización del aprendizaje se enfoca en la aplicación de técnicas adaptables a las características únicas de cada estudiante, como su conocimiento previo, habilidades específicas y contexto.

Es indudable que diseñar un plan individual para cada estudiante es impracticable utilizando técnicas docentes tradicionales; sin embargo, un enfoque personalizado puede lograrse al ofrecer diversas opciones para enseñar el mismo contenido. En este sentido, también es posible abordar las necesidades particulares de cada estudiante, fomentando un aprendizaje inclusivo mediante la enseñanza de temas similares a través de estrategias adaptadas, de tal forma que no se propicien desventajas al intentar abarcar a todos los estudiantes con el mismo éxito utilizando una sola estrategia. La IA ha permitido la mejora considerable de herramientas educativas ya existentes, así como el desarrollo de nuevas aplicaciones, para lograr la personalización del aprendizaje. En este capítulo se destacan las siguientes: gemelos digitales, tutores inteligentes basados en IA, sistemas de evaluación personalizada y plataformas de cursos en línea masivos abiertos, conocidos como MOOC (acrónimo en inglés de "*Massive Open Online Course*") (Figura 1).

Figura 1

Resumen de herramientas de IA para la personalización del aprendizaje



A continuación, se describe como la IA puede aplicarse a estas herramientas para propiciar una educación personalizada.

Personalización a través de IA y gemelos digitales

Un gemelo digital es una réplica virtual o modelo digital de una entidad física, que puede ser un objeto o sistema del mundo real; este modelo se construye combinando datos acerca de la entidad real y los datos pueden provenir de distintas fuentes. El gemelo digital permite simular el comportamiento y las características del objeto real de manera precisa; y se utiliza en una variedad de campos, como la ingeniería, la manufactura, la medicina y la planificación urbana, entre otros. Este modelo permite realizar análisis y predicciones en un entorno virtual antes de aplicar cambios o implementaciones en el mundo real, lo que puede ayudar a mejorar la eficiencia, reducir costos y minimizar riesgos. El Saddik (2018) señaló que los gemelos digitales pueden crearse también a partir de seres vivos, considerando una serie de factores que permitan extraer características básicas para simular su comportamiento. En el caso de la educación y basándose en el contexto establecido previamente, Furini et al. (2022) propusieron la utilización de gemelos digitales para crear entornos personalizados individuales; en este caso, datos como antecedentes académicos, actividades académicas, resultados de exámenes, actividades en el campus o salón de clases, entre otros, deberían extraerse para crear el gemelo digital del estudiante. Esta información puede convertirse en los datos de entrada de un modelo de ML, que permita generar las actividades educativas personalizadas adecuadas para cada estudiante. Este esquema presenta diversos retos, ya que la creación de gemelos digitales que considere esta cantidad de datos requiere una infraestructura considerable, incluyendo sistemas de multimedia e Internet de las cosas para captar el entorno y movimiento de los estudiantes. Un enfoque más sencillo podría considerar menos variables, permitiendo contar con modelos iniciales, que permitan al menos predecir cuales recursos didácticos pueden ser más adecuados para diversos tipos de alumnos. Este enfoque permitiría diseñar una serie de recursos no exhaustivos para el mismo tema y determinar con base en los resultados del modelo ML cuál es el más adecuado para cada estudiante.

Tutores inteligentes basados en IA

El concepto de tutores inteligentes no es nuevo, sin embargo, con el desarrollo de la IA se han implementado herramientas personalizadas, incluyendo tutores inteligentes basados en IA, los cuales son sistemas de ML diseñados para proporcionar apoyo educativo personalizado y adaptado a los estudiantes. Utilizan algoritmos de ML que recopilan y

analizan datos sobre el rendimiento de los estudiantes, incluyendo el tiempo dedicado a tareas, respuestas a preguntas y patrones de aprendizaje, entre otros; esta información se utiliza para ajustar las recomendaciones y actividades futuras y, de esta manera, pueden dar respuestas personalizadas a cada estudiante. Algunos ejemplos de tutores inteligentes que utilizan IA y que pueden ser útiles en la educación superior son:

- *Cognii:* Es un tipo de sistema de tutoría inteligente que proporciona retroalimentación personalizada en la escritura de ensayos y respuestas a preguntas abiertas. Evalúa la comprensión del estudiante, la coherencia del argumento y la gramática, y ofrece sugerencias específicas para mejorar la calidad del trabajo (Cognii, s. f.).
- *IBM Watson Tutor:* Es un sistema desarrollado por IBM que utiliza IA para proporcionar apoyo personalizado en matemáticas. Utiliza técnicas de PLN y ML para interactuar con los estudiantes de manera conversacional y adaptar el contenido según sus necesidades individuales. Su objetivo es apoyar a los estudiantes a revisar objetivos de aprendizaje y mejorar su comprensión de conceptos clave. El tutor comienza con preguntas amplias sobre los objetivos de aprendizaje y luego se ramifica en preguntas más específicas y objetivos habilitadores, adaptándose al nivel de comprensión de los estudiantes (Ahn et al., 2019).

Sistemas de evaluación educativa con retroalimentación personalizada

Los sistemas de evaluación educativa con retroalimentación personalizada son herramientas de IA para proporcionar comentarios adaptados a las necesidades individuales de cada estudiante. Funcionan analizando las respuestas y el desempeño de cada estudiante de manera individual, utilizando algoritmos de IA para identificar áreas de fortalezas y debilidades, así como patrones de errores comunes. La retroalimentación es inmediata, lo que permite a los estudiantes corregir errores y mejorar su comprensión de manera rápida y efectiva. Además de indicar si una respuesta es correcta o incorrecta, estos sistemas ofrecen explicaciones detalladas y ejemplos adicionales para ayudar a los estudiantes a comprender los conceptos. Algunos ejemplos de estos sistemas son los siguientes:

- *ALEKS (Assessment and LEarning in Knowledge Spaces)*. Es un sistema basado en ML y espacios de conocimiento (Doignon & Falmagne, 2016), el cual ha sido utilizado por millones de estudiantes en matemáticas, química, estadística y contabilidad (Harati et al., 2021). Esta herramienta utiliza algoritmos de IA para evaluar las habilidades de los estudiantes y ofrecer un plan de estudio personalizado. Después de completar una evaluación inicial, identifica las fortalezas y debilidades de cada estudiante y presenta actividades y ejercicios específicos para ayudarlos a mejo-

rar en áreas donde necesitan más práctica; además, proporciona retroalimentación instantánea sobre el desempeño del estudiante y ajusta dinámicamente el contenido y la dificultad de las preguntas en función del progreso del estudiante.

- *Khan Academy.* Esta herramienta ofrece una amplia gama de recursos educativos en línea, incluyendo lecciones de matemáticas, ciencias, historia y otras más. Utiliza algoritmos de IA para personalizar el contenido y recomendar actividades basadas en las fortalezas y debilidades de cada estudiante; puede considerarse tanto como un tutor inteligente, como un sistema de evaluación personalizado, ya que después de completar ejercicios y evaluaciones, los estudiantes reciben retroalimentación específica y recomendaciones sobre cómo mejorar su comprensión de los conceptos. La plataforma también realiza un seguimiento del progreso del estudiante a lo largo del tiempo y proporciona informes detallados para que los educadores puedan monitorear el rendimiento de sus estudiantes.

MOOC con personalización de contenido utilizando IA

Una de las principales tendencias en la educación superior es la educación en línea, así como el uso de MOOC. Las principales plataformas de aprendizaje en línea aplican IA, con el fin de ofrecer un entorno personalizado; para ello, se realiza un análisis continuo de datos del estudiante. Esta información se utiliza para identificar patrones y preferencias, permitiendo definir sus fortalezas, debilidades, estilos de aprendizaje preferidos, áreas de interés y dificultades específicas; de esta manera, la IA personaliza el contenido del curso para cada estudiante y puede ofrecer recursos adicionales relevantes. Además, la IA puede proporcionar retroalimentación adaptada a las necesidades individuales de cada estudiante; por ejemplo, comentarios específicos sobre su desempeño en las evaluaciones y orientación sobre cómo avanzar en su aprendizaje de manera efectiva. Ejemplos de plataformas de este tipo que están aplicando IA son:

- *Coursera*. Es una plataforma de aprendizaje en línea que ofrece una amplia gama de cursos de universidades y organizaciones de todo el mundo. Utiliza algoritmos de IA para personalizar la experiencia de aprendizaje de cada estudiante; recomienda cursos, módulos y actividades basados en sus intereses, habilidades y objetivos de aprendizaje. Recientemente, ha lanzado el programa piloto Coursera Coach (Ikonomou, 2023), que ofrece a los participantes la oportunidad de interactuar con un instructor virtual, utilizando IA generativa, la cual puede responder preguntas y proveer retroalimentación personalizada. El instructor también puede generar y proveer resúmenes en video y escritos, así como otros recursos que permitan entender mejor un determinado concepto.

- *Edx*. Es una plataforma de cursos en línea que recientemente también ha incorporado un asistente embebido de IA en su plataforma, que utiliza una interfaz de programación de aplicaciones (Application Programming Interface, API) de ChatGPT para proveer a los participantes apoyo personalizado en tiempo real. El asistente de Edx es conocido como Xpert, y toma como datos de entrada la información del contenido educativo de Edx, así como datos sobre soporte a estudiantes en la misma plataforma, por lo que se espera que ofrezca una asesoría personalizada a cada estudiante. Este sistema también ofrece asistencia personalizada con los cursos y tareas, los participantes pueden solicitarle que les explique conceptos que les resultan complejos, así como responder preguntas, recomendar módulos adicionales y hacer preguntas para determinar la comprensión de los temas (Edx, 2023).

Conclusiones

Las ventajas de incorporar la IA para implementar estrategias de educación personalizada son evidentes, ya que facilita la adaptabilidad a las necesidades individuales de los estudiantes y optimiza el proceso de enseñanza-aprendizaje. Actualmente, la diversidad y heterogeneidad en los perfiles de los estudiantes representa un desafío en la educación; en este sentido, la IA ofrece la posibilidad de proporcionar retroalimentación personalizada, adaptándose a diferentes estilos y ritmos de aprendizaje. Algunas herramientas de IA mencionadas en este capítulo ya se utilizan con éxito, mientras que en otros casos aún se necesita avanzar más, principalmente debido a los requisitos de infraestructura, como es el caso de los gemelos digitales. No obstante, un desafío considerable sigue siendo garantizar la privacidad de la información de los usuarios, ya que para aplicar de manera efectiva los algoritmos de aprendizaje automático, es necesario recopilar grandes volúmenes de datos sobre los estudiantes, que pueden incluir información sensible. Además, es fundamental considerar las implicaciones sociales que surgen del aumento de la integración de la IA en la educación, ya que estas tecnologías pueden presentar problemáticas relacionadas con la equidad, el acceso y la ética en el uso de la información recopilada.

Referencias

Ahn, J. W., Kasireddy, V., & Mukhi, N. (2019). *Interactive learning in a conversational intelligent tutoring system using student feedback, concept grouping and text linking.* INTED2019 Proceedings.

Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial Intelligence in Education: a review. *IEEE Access, 8*, 75264–75278. https://doi.org/10.1109/access.2020.2988510

Cognii. (s. f.). *Cognii Virtual Learning Assistant.* https://www.cognii.com/technology

Deng, L., & Liu, Y. (Eds.). (2018). *Deep learning in natural language processing.* Springer.

Doignon, J.-P., & Falmagne, J.-C. (2016). Knowledge spaces and learning spaces. In W. H. Batchelder, H. Colonius, E. N. Dzhafarov, & J. Myung (Eds.), *New Handbook of Mathematical Psychology* (pp. 274–321). Cambridge University Press.

Edx. (2023.). *edX Debuts Two AI-Powered Learning Assistants Built on ChatGPT.* https://press.edx.org/edx-debuts-two-ai-powered-learning-assistants-built-on-chatgpt

El Saddik, A. (2018). Digital twins: The convergence of multimedia technologies. *IEEE multimedia, 25*(2), 87-92.

Furini, M., Gaggi, O., Mirri, S., Montangero, M., Pelle, E., Poggi, F., & Prandi, C. (2022). Digital twins and artificial intelligence. *Communications of the ACM, 65*(4), 98–104.

Harati, H., Sujo-Montes, L., Tu, C. H., Armfield, S. J., & Yen, C. J. (2021). Assessment and Learning in Knowledge Spaces (ALEKS) Adaptive System Impact on Students' Perception and Self-Regulated Learning Skills. *Education Sciences, 11*(10), 603.

Ikonomou, M.-N. (2023, junio 19). Coursera announces new AI content and innovations to help HR and learning leaders drive organizational agility amid relentless disruption. *Coursera Blog*. https://blog.coursera.org/trusted-content-and-ai-innovations-to-drive-organizational-agility-for-learning-leaders/

Joshi, A. V. (2022). *Machine Learning and Artificial Intelligence.* Springer.

Murty, M. N., & Devi, V. S. (2011). *Pattern recognition: An Algorithmic Approach.* Springer Science & Business Media.

Van der Vorst, T., & Jelicic, N. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Can AI bring the full potential of personalized learning to education?* International Telecommunications Society (ITS).

World Economic Forum. (2020). *Schools of the Future Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution*. WEF.

16 La inteligencia artificial, actualidad y desafíos en el entorno universitario

Teresa de Jesús Plazola Rivera @, Adriana Isabel Garambullo @
y Alfredo Gualberto Chuquimia Apaza @

La inteligencia artificial (IA) ha transformado radicalmente la manera de ver, hacer y experimentar muchas actividades, y la pandemia de COVID-19, que comenzó a finales de 2019 y se extendió por más de dos años, aceleró significativamente la adopción y desarrollo de tecnologías emergentes. Antes de la pandemia, el uso de herramientas tecnológicas aún podía considerarse una opción; sin embargo, en la actualidad, cada vez más personas en diversos sectores se ven obligadas a utilizarlas para adaptarse a las nuevas realidades y exigencias. En los entornos académicos, ¿Qué ha sucedido? ¿Es ya común el uso de herramientas tecnológicas, y más específicamente, de la IA, tanto para estudiantes como para profesores? ¿Qué pasa en un contexto universitario?

Este documento presenta los hallazgos de una investigación documental que sirvió para establecer el estado del arte y un marco conceptual sobre el uso de la IA. Además, se incluyen los resultados de un sondeo realizado para determinar el nivel de adopción de la IA por parte de los estudiantes de una universidad pública. El estudio, de alcance descriptivo, transversal y cuantitativo, fue de carácter no experimental. Los resultados revelan que, aunque los alumnos están familiarizados con el uso de la IA, aún no se ha consolidado como una herramienta común en las clases o en la realización de tareas, en gran medida porque los docentes no la han integrado de manera consistente en sus metodologías de enseñanza. Asimismo, la mayoría de los estudiantes encuestados indicaron que han utilizado la IA en sus trabajos académicos de manera responsable y ética, lo que subraya una actitud consciente hacia el uso adecuado de estas herramientas tecnológicas.

Desarrollo

Coca-Bergolla y Lavigne (2021) señalaron que, en 1956, se celebró un taller con investigadores donde se reconoció a Alan Turing como uno de los fundadores del campo de la IA. En este encuentro, además de discutir experiencias previas en el campo, se abordaron diversos temas relacionados, y se aceptó oficialmente el término "inteligencia artificial," propuesto por John McCarthy durante la conferencia de Dartmouth, organizada por McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon y Nathaniel Rochester (Aeblik & Gutiérrez, 2021). Inicialmente, la investigación y el desarrollo de la IA experimentaron un auge significativo; sin embargo, con el paso del tiempo, este interés se estancó debido, entre otras razones, a la falta de financiamiento y apoyo (Coca-Bergolla & Llivina-Lavigne, 2021).

En 2019, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) emitió los *Principios sobre la Inteligencia Artificial*, adoptados por 42 países, con el objetivo de fomentar "una IA innovadora, confiable, respetuosa de los derechos humanos y valores democrático" (Salazar et al., 2020, p.16). Los países latinoamericanos también han tomado medidas al respecto, y en México se cuenta con el documento *Estrategia Digital Nacional 2021-2024*, aunque los esfuerzos en esta área se iniciaron desde 2018. En ese año, se publicó un informe elaborado por dos agencias de innovación tecnológica, C Minds y Oxford Insights, en un proyecto comisionado por la Embajada Británica en México y la Coordinación de Estrategia Digital Nacional. Este informe, titulado *Hacia una estrategia de IA en México: Aprovechando la revolución de la IA*, resaltaba "las oportunidades que tenía el país para desarrollar una automatización de la producción y lograr una transformación económica y social" (Gómez, 2019, como se citó en Salazar et al., 2020, p.42).

Según Aeblik y Gutiérrez (2021), la IA se ha definido desde la perspectiva de dos paradigmas: la IA simbólica y la IA conexionista. La IA simbólica se centra en representar de manera explícita el conocimiento implícito o los procedimientos que emplean los humanos, utilizando reglas y estructuras lógicas para resolver problemas y tomar decisiones. En contraste, la IA conexionista plantea que la IA puede desarrollarse de manera similar a un sistema neuronal, en el que las neuronas se conectan y aprenden a través de estas interconexiones, permitiendo el desarrollo de redes que se ajustan y mejoran en función del aprendizaje.

Por su parte, García-Peña et al. (2020) señalaron que existen varios términos clave que ayudan a comprender mejor la IA, entre ellos, los siguientes:

- Aprendizaje automático (*Machine Learning*): Se refiere a "la ciencia que posibilita que un ordenador aprenda sin ser expresamente programado" (p.653). Es uno de los conceptos más relacionados con los éxitos recientes en IA, como el caso de AlphaGo, que logró vencer al campeón mundial de ajedrez (Rodríguez et al., 2020).

- Aprendizaje profundo (*Deep Learning*): Este tipo de aprendizaje permite a las máquinas identificar imágenes, rostros y cuerpos humanos de manera autónoma, utilizando grandes volúmenes de datos extraídos de la web (Jones, 2018).
- IA débil vs IA fuerte: La IA débil simula aspectos de la cognición humana y está diseñada para realizar tareas específicas que pueden ser simples, pero requieren mucho tiempo, o tan complejas que un ser humano no podría realizarlas fácilmente. Por otro lado, la IA fuerte, aún en el ámbito de la ficción, es conceptualizada como una inteligencia artificial capaz de resolver cualquier tipo de problema, con conciencia y autonomía (Rouhiainen, 2018, como se citó en García-Peña et al., 2020)
- Macrodatos o inteligencia de datos (*Big Data*): Se refiere al "conjunto de datos digitales que, por su volumen, superan la intuición y las capacidades humanas de análisis" (García-Peña et al., 2020, p.653).
- Tecnologías, procesamiento y generación del lenguaje natural (PLN): Incluye sistemas como Alexa, Google Home o Siri, que son robots conversacionales capaces de realizar tareas relacionadas con la "traducción máquina, reconocimiento de entidades (nombres), reconocimiento óptico de caracteres, análisis de sentimiento, text-to speech, etc." (Rodríguez et al., 2020, p.12).

Según García et al. (2023), la IA tiene diversas aplicaciones, por ejemplo: procesamiento natural del lenguaje, procesamiento y reconocimiento de imágenes, análisis de datos, gestión de procesos y toma de decisiones, y diagnóstico de enfermedades. Además, estos autores identificaron distintos tipos de IA, que incluyen: sistemas expertos, redes neuronales artificiales, aprendizaje de máquina, aprendizaje profundo, y procesamiento natural del lenguaje.

Antecedentes

García-Peña et al. (2020) realizaron un estudio proyectivo para proponer una metodología que integre la IA en el sector educativo. Los resultados revelaron una perspectiva interesante sobre el uso de la IA, destacando que esta tecnología puede apoyar la gestión de calidad en procesos administrativos y educativos, los cuales suelen basarse en normativas establecidas, como los estándares ISO y otros organismos externos de evaluación. Asimismo, el estudio prevé que la IA se convierta en una herramienta clave en los procesos de admisión universitaria, lo que podría traducirse en indicadores positivos para estas instituciones, especialmente en términos de reducción de la deserción académica, muchas veces atribuida a la falta de orientación vocacional adecuada. De la misma manera, la IA podría servir como un auxiliar para la detección temprana de proble-

mas de conducta en los estudiantes, permitiendo intervenciones oportunas y efectivas (García-Peña et al., 2020).

Miszczak (2023) publicó estadísticas reveladoras sobre el uso de la IA entre los estudiantes. Destacó que el 43% de los estudiantes en Estados Unidos utilizan herramientas de IA como ChatGPT, y de este grupo, el 50% las ha empleado para aprobar una materia o completar un examen. En Inglaterra, el panorama es similar, con el 67% de los estudiantes de secundaria recurriendo a la IA para realizar sus tareas. Otro dato interesante es la percepción sobre la efectividad de herramientas como ChatGPT en comparación con las tutorías tradicionales. El 86% de los docentes e instructores considera que la IA debería ser una herramienta esencial en el aprendizaje dentro del aula; además, el 91% de los estudiantes señaló que los chatbots mejorados con IA proporcionaron un apoyo y asesoría individualizada más efectiva que las opciones convencionales.

En el campo educativo, la IA posee un fuerte potencial, ya que la educación es un proceso continuo y no un producto estático (García-Peña et al., 2020); esto convierte a la IA en una herramienta que puede ser un gran aliado para mejorar la enseñanza. De acuerdo con Jara y Ochoa (2020), una de las principales contribuciones de la IA a la educación son los sistemas de enseñanza adaptativos —tal vez lo más conocido—, que son "plataformas y sistemas de tutoría inteligente que ofrecen trayectorias personalizadas de aprendizaje basadas en los perfiles, respuestas e interacciones de los estudiantes" (p.7). Según estos autores, otra aportación es el soporte que la IA brinda a la colaboración entre estudiantes, por medio de plataformas diseñadas para el trabajo colaborativo; estas herramientas, presentes desde hace tiempo, incluyen foros donde los estudiantes pueden discutir temas, analizar en grupo o llegar a consensos y conclusiones sobre distintas problemáticas —un ejemplo actual de este tipo de plataformas es Blackboard—. Una tercera contribución de la IA es en referencia al desarrollo de plataformas de juego como experiencias educativas, incentivando el interés de los estudiantes mediante la incorporación de elementos de ludificación; estos juegos incluyen características avanzadas como "la modelación del jugador (reconocimiento de emociones faciales en tiempo real, adaptación de la dificultad en forma automática y evaluación del sigilo)" (p.9). Según Jara y Ochoa (2020), la IA sigue evolucionando, y cada día surgen nuevas aplicaciones que pueden aportar significativamente al proceso de enseñanza-aprendizaje. Por otro lado, Salazar et al. (2020) han señalado que la IA "permite identificar estudiantes en riesgo, tomar medidas para retenerlos y apoyar la formulación de estrategias para evitar la deserción escolar" (p.52).

Torres et al. (2023) realizaron un estudio de análisis cualitativo y cuantitativo para identificar patrones, tendencias y temas emergentes relacionados con la implementa-

ción de la IA en el ámbito educativo. Los resultados del estudio permitieron comprender en profundidad los desafíos y beneficios percibidos en torno al uso de la IA. Entre los aspectos negativos, se destacó la posibilidad de una dependencia excesiva hacia esta herramienta, lo que podría llevar a una pérdida de habilidades esenciales como el pensamiento crítico y la capacidad de resolver problemas de manera independiente; además, se identificó que la IA podría reducir la interacción social, afectando el desarrollo de habilidades de colaboración, así como aumentar los riesgos relacionados con sesgos en los algoritmos, privacidad, seguridad y barreras de acceso que podrían acentuar desigualdades existentes. Sin embargo, también se identificaron aspectos positivos como la personalización del aprendizaje, la mejora de la retroalimentación, la eficiencia y el ahorro del tiempo, el acceso y análisis de datos educativos, y el potencial de la IA para impulsar la investigación y la innovación dentro del ámbito educativo.

Por otra parte, Ubal et al. (2023) elaboraron un documento que explora el impacto de las inteligencias artificiales generativas en la educación pública y en el aula; en sus conclusiones, subrayan la necesidad de promover "una dialéctica interdisciplinar, en especial entre docentes y de estos con otros profesionales, para asegurar la calidad de las propuestas de enseñanza-aprendizaje" (p.53). En el mismo documento, se aborda el tema ético relacionado con la implementación de la IA; al respecto, los autores señalaron que, al igual que ha ocurrido con otras tecnologías, el debate ético suele desarrollarse después de su adopción generalizada, cuando surgen cuestiones no previstas inicialmente. Aunque la IA, en sí misma, no se considere intrínsecamente buena o mala, Ubal et al. (2023) recomendaron que se inicien desde ahora los análisis éticos y medidas de precaución necesarios para garantizar un uso responsable y adecuado de estas herramientas, evitando repetir errores del pasado en la adopción de tecnologías emergentes.

Documentos como "ChatGPT e Inteligencia Artificial en la educación superior: guía de inicio rápido" (Sabzalieva & Valentini., 2023), publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Cultura y la Ciencia (UNESCO), representan esfuerzos a nivel mundial para facilitar el uso de la IA entre grupos específicos, como estudiantes y docentes de educación superior, promoviendo una mayor familiarización con estas herramientas tecnológicas. En este documento, se presenta una tabla que identifica posibles roles para la IA, describe las acciones que se pueden llevar a cabo mediante su uso y proporciona ejemplos de aplicaciones prácticas; por ejemplo, se menciona el rol de tutor personal, donde la IA orienta a cada estudiante y le proporciona información inmediata sobre sus progresos, destacando que ChatGPT puede ofrecer comentarios personalizados a los estudiantes basándose en la información facilitada por ellos mismos o por los profesores, como las notas de los exámenes (Sabzalieva & Valentini, 2023, p.9). Además,

el documento subraya que ChatGPT puede utilizarse de forma independiente o integrarse a otros sistemas educativos, ofreciendo una variedad de funcionalidades. En el ámbito de la investigación, se destaca que esta herramienta puede ser útil para tareas como la redacción, la generación de ideas, el análisis de datos y la traducción de documentos fuente, entre otros usos (Sabzalieva & Valentini, 2023).

Según Coca-Bergolla y Llivina-Lavigne (2021), la IA es un área multidisciplinaria, transversal o convergente que se aplica en diversos ámbitos y áreas, además de que se analiza desde diferentes perspectivas. Mientras que, para García et al. (2023):

> La inteligencia artificial es un subcampo de la informática que se centra en el diseño y desarrollo de algoritmos, sistemas y técnicas que permiten a las máquinas imitar, simular o superar aspectos de la inteligencia humana. Ello incluye habilidades como aprender, razonar, adaptarse, percibir, comunicarse, planificar y resolver problemas. (p.11)

Según Franganillo (2023), la IA "es una disciplina científica y tecnológica que busca crear sistemas capaces de resolver tareas que normalmente requieren de inteligencia humana" (p.2). Por su parte, Rouhiainen (2018, como se citó en Salazar et al., 2020) indicó que "IA es la capacidad de las máquinas para usar algoritmos, aprender de los datos y utilizar lo aprendido en la toma de decisiones tal y como lo haría un ser humano" (p.14).

Un desafío significativo que debe abordarse es garantizar el uso inclusivo y equitativo de la IA en la educación. Además, es esencial formar profesionales "competentes en pensamiento computacional: algoritmos, datos, redes, programación y hardware" (Rodríguez et al., 2020, p.29). Por otro lado, es importante reflexionar sobre los hábitos y competencias de los estudiantes, considerando las características generacionales de quienes acuden a las universidades. Aunque algunos restan importancia a estos aspectos, la realidad es que cada generación presenta particularidades que influyen en su forma de aprender y relacionarse con la tecnología; por ejemplo, la generación de los *centennials* ha crecido bajo un enfoque de economía colaborativa y con hábitos mediáticos que marcan una diferencia en su interacción con las herramientas digitales y su integración en los procesos educativos (Catillejos, 2022).

Respecto a este último punto, Castillejos (2022) señaló que la IA ha penetrado en los espacios de aprendizaje revolucionando la educación; algunos creadores de contenido comparten *hacks* en redes sociales, que consisten en trucos para hacer más fácilmente las tareas escolares, lo cual puede rayar en la falta de ética, ya que fomenta eludir la práctica que es esencial para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Al enfocarse en cómo

utilizar herramientas tecnológicas para simplificar tareas, los estudiantes corren el riesgo de aprender solo a manejar estas herramientas, sin alcanzar el objetivo principal de la actividad educativa, que es desarrollar habilidades y conocimientos específicos. Esta tendencia destaca la necesidad de orientar adecuadamente el uso de la tecnología en el ámbito académico para asegurar que complementen, en lugar de sustituir, el aprendizaje significativo.

Rivas et al. (2023) han resaltado consideraciones éticas importantes en el ámbito educativo para el uso de la IA, que buscan proteger tanto a estudiantes como a docentes. Entre estas consideraciones destacan el respeto a la privacidad en el consumo digital, lo que implica asegurar que la información personal y académica de los usuarios esté protegida. Además, se recomienda un uso responsable del tiempo en pantalla, promoviendo un equilibrio que evite el impacto negativo en la salud física y mental de los usuarios. Por último, se sugiere la implementación de protocolos que limiten o bloqueen la capacidad de la IA para realizar análisis sesgados, de modo que se eviten decisiones que marginen a ciertos grupos por diversas circunstancias, como mencionan Mancilla-Cáceres y Estrada-Villata (2022, como se citó en Rivas et al., 2023).

Metodología

Primero, la investigación se centró en un análisis conceptual y teórico sobre el uso de la IA en el ámbito educativo. Después, se adoptó un enfoque cuantitativo, no experimental y transversal, con un alcance descriptivo. El objetivo del estudio fue definir el nivel de uso de la IA entre estudiantes de diferentes programas educativos. La población incluyó a 484 estudiantes distribuidos de la siguiente manera: 105 de la Licenciatura en Contaduría (LC), 138 de la Licenciatura en Administración de Empresas (LAE) y 241 de la Licenciatura en Derecho (LD).

Para la recolección de datos, se empleó un cuestionario de 25 ítems, estructurado en cinco aspectos clave: conocimientos (5 ítems), competencias (4 ítems), entorno educativo (5 ítems), costo/acceso (3 ítems) y ética (3 ítems). Adicionalmente, se incluyeron cuatro preguntas para caracterizar la muestra. El cuestionario se diseñó en una escala de Likert del 1 al 5, donde 1 representaba "totalmente en desacuerdo" y 5 "totalmente de acuerdo". La herramienta fue autoadministrada a través de *Google Forms*, generando un enlace que se distribuyó por correo electrónico a los estudiantes.

Con el fin de incrementar la tasa de respuesta, se realizaron múltiples envíos del enlace. Finalmente, la tasa de respuesta alcanzó el 35%, con un total de 169 respuestas distribuidas de la siguiente forma: 64 de LAE (38%), 61 de LC (36%) y 44 de LD (26%). Como han señalado Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), el empleo de cuestionarios

autoadministrados enviados por correo electrónico o página web tiende a tener una tasa de respuesta baja, pero ofrece una alta profundidad en los datos obtenidos.

Resultados

Con respecto al ámbito del conocimiento, un 89% de los estudiantes indicó que está de acuerdo y totalmente de acuerdo en que sabe lo que es la IA; un 79% de los alumnos encuestados opinó que está de acuerdo y totalmente de acuerdo en que conoce el uso y aplicación de la IA, es decir, no solo sabe qué es la IA, sino que comprende cuál es su uso; en menor proporción, un 63% de los estudiantes señaló que conoce los diferentes tipos de IA, lo cual no se refiere a las distintas aplicaciones o herramientas, sino a las distintas formas que se pueden considerar que son IA; también, un 65% de los estudiantes encuestados indicó que conoce algunas herramientas o aplicaciones de IA y un 66% señaló que conoce las aplicaciones que le ayudarían en sus tareas.

Con relación a las competencias, el 60% de los alumnos está de acuerdo en que sabe cómo utilizar las diversas herramientas de IA; en igual porcentaje, opinan estar de acuerdo en que son capaces de utilizar aplicaciones de IA para realizar sus tareas; un 59% señaló que está de acuerdo en que utilizan aplicaciones de IA para su vida personal y, finalmente, un 53% indicó estar de acuerdo en que es capaz de utilizar aplicaciones de IA en su ámbito laboral.

En cuanto al entorno educativo y el uso de la IA, el 59% señaló que está en desacuerdo en cuanto a que los docentes utilizan herramientas de IA para impartir sus clases; en el mismo sentido, el 62% indicó que está en desacuerdo en cuanto a que conoce varias herramientas de IA porque los docentes les han enseñado a utilizar varias de ellas; respecto a que las clases son más interesantes cuando los docentes utilizan herramientas, los estudiantes opinaron en su mayoría de forma neutral o en el sentido negativo, siendo un 34% neutral y un 39% en desacuerdo; en lo relativo a que los docentes conocen muchas herramientas de IA, un 46% indicó estar en desacuerdo y un 37% se mostró neutral; finalmente, un 54% indicó estar en desacuerdo en cuanto a que conoce más herramientas de IA que los docentes y un 23% opinó de manera neutral.

En referencia al costo/acceso, el 57% indicó que está en desacuerdo en la afirmación que señala que le es fácil tener acceso a las herramientas de IA que implican un costo; por otro lado, el 67% indicó estar de acuerdo con respecto a que las aplicaciones de IA que son gratuitas, son buenas y suficientes para lo que requiere; además, un 35% de los alumnos encuestados indicó estar en desacuerdo con que es fácil para ellos el uso de datos o el acceso a Internet con el fin de utilizar las aplicaciones y un 30% se expresó de manera neutral.

Por último, en el tema ético, el 45% indicó estar en desacuerdo en señalar que han utilizado aplicaciones de IA para hacer sus tareas y un 30% se expresó de manera neutral; en el mismo tema, el 71% opinó que ha sido ético al utilizar las herramientas de IA para hacer sus tareas, y el 51% señaló estar en desacuerdo en lo relativo a desconocer las implicaciones éticas en el uso de la IA para hacer sus tareas, teniendo también, un 28% de los alumnos encuestados que opinaron de manera neutral.

Conclusiones

Los resultados revelan que la mayoría de los estudiantes están familiarizados con la IA y reconocen las diversas aplicaciones disponibles; sin embargo, cabe destacar que aún existe un pequeño porcentaje que no está relacionado con el concepto o no ha utilizado estas herramientas. Aproximadamente un 60% de los encuestados indicó que sabe cómo utilizar la IA, tanto en el ámbito personal como educativo, lo que sugiere que aún un 40% de los estudiantes no es capaz de emplearla. Esto pone de manifiesto la necesidad de fortalecer la capacitación en el uso de tecnologías emergentes para asegurar una adopción más amplia y efectiva.

Un aspecto preocupante y que podría ser un detonante para la implementación de estrategias educativas es la percepción de los estudiantes sobre el conocimiento que tienen sus docentes acerca de las herramientas de IA. Los alumnos expresaron que consideran que sus profesores no están suficientemente familiarizados con estas tecnologías, y muchos de ellos opinan que han aprendido más sobre herramientas de IA por su cuenta que a través de la enseñanza de sus docentes.

En relación con el costo, los resultados muestran que un alto porcentaje de estudiantes considera que es difícil adquirir aplicaciones de IA debido a sus costos; sin embargo, también señalan que las herramientas gratuitas disponibles resultan suficientes para realizar sus trabajos escolares, lo cual es un aspecto alentador. Por tanto, es crucial investigar cuántos estudiantes realmente tienen acceso a Internet, incluso para adquirir y utilizar estas herramientas gratuitas.

En cuanto al aspecto ético, un alto porcentaje de estudiantes indicó que utiliza la IA de manera responsable, lo cual es positivo; no obstante, aún persisten diferencias que deben ser abordadas, posiblemente relacionadas con el hecho de que muchos docentes todavía no están familiarizados con el uso de estas tecnologías. A nivel institucional, apenas se están dando los primeros pasos en el diseño e implementación de normativas, capacitación y actividades relacionadas con el uso ético de la IA.

Este es un desafío que involucra a todos los actores del ámbito educativo, pero la mayor responsabilidad recae en las autoridades universitarias y los docentes, ya que son

quienes deben liderar el proceso de cambio. Se espera que establezcan las directrices necesarias para propiciar las transformaciones requeridas, tanto aquellas que respondan a las tendencias globales como las que surjan de las necesidades locales. Para lograrlo, será esencial promover una cultura de capacitación continua y establecer normas claras que aseguren el uso ético y responsable de la IA, de manera que se garantice su integración adecuada en el entorno educativo y se respondan a los requerimientos que la sociedad actual demanda.

Referencias

Aeblik, A., & Gutiérrez, C. (2021). Historia y evolución de la inteligencia artificial. *Revista Bits de Ciencia*, (21), 14-21. https://revistasdex.uchile.cl/index.php/bits/issue/view/217

Catillejos, B. (2022). Inteligencia artificial y entornos personales de aprendizaje: atentos al uso adecuado de los recursos tecnológicos de los estudiantes universitarios. *Educación, XXXI*(60), 9-24. https://doi.org/10.18800/educacion.202201.001

Coca-Bergolla, Y., & Llivina-Lavigne, M. (2021). *Desarrollo y retos de la Inteligencia Artificial*. UNESCO.

Franganillo, J. (2023). La inteligencia artificial generativa y su impacto en la creación de contenidos mediáticos. *Methaodos. Revista de Ciencias Sociales, 11*(2), 1-17. https://doi.org/10.17502/mrcs.v11i2.710

García, R. J., Ruano, C., Oliva, G., Varela, G. A., Orozco, J., González, E., Chávez, B. E., Valenzuela, M. del C., Chan, M. E., Cedillo, D., Ramírez, P., & Zúñiga, A. (2023). *Orientaciones y definiciones sobre el uso de la inteligencia artificial generativa en los procesos académicos.* Universidad de Guadalajara. https://www.udgvirtual.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/guia_ia_udg.pdf

García-Peña, V. R., Mora-Marcillo, A. B., & Ávila-Ramírez, J. A. (2020). La inteligencia artificial en la educación. *Dominio de las Ciencias, 6*(3), 648-666. https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1421

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* McGraw-Hill Education.

Jara, I., & Ochoa, J. M. (2020). *Usos y efectos de la inteligencia artificial en educación*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Jones, H. (2018). *Aprendizaje profundo: para principiantes que desean comprender como funcionan las redes Neuronales profundas y como se relacionan con el aprendizaje automático y la IA.* Bravex.

Miszczak, P. (2023, 16 de julio). AI in Education Statistics 2023 [Adoption, Benefits, Challenges]. *Business Solution.* https://businessolution.org/ai-in-education-statistics/

Rivas, A., Buchbinder, N., & Barrenechea, I. (2023). *El futuro de la Inteligencia Artificial en educación en América Latina.* ProFuturo/OEI.

Rodríguez, E., Portilla, J. A., Santaella, J., Miranda, N., & Castillo, S. (2020). *Superando los riesgos de una IA sin ética ni regulación.* ICS Comunicación. https://www.coit.es/informes/superando-los-riesgos-de-una-ia-sin-etica-ni-regulacion/superando-los-riesgos-de-una-ia-sin

Sabzalieva, E., & Valentini., A. (2023). *ChatGPT e Inteligencia Artificial*. UNESCO.

Salazar, L. A., Zuluaga, L., Martínez, Y., & Madrigal, A. (2020). *Inteligencia artificial en Latinoamérica.* Fundación Konrad Adenauer. https://dialogopolitico.org/wp-content/uploads/2023/04/Inteligencia-Artificial-en-Latinoamerica.pdf

Torres, E., Torres, F., Torres, J. W., Basurco, T. R., Mamani, O. M., López, M. A., Tito, J. P., Supo, J. A., & Coyla, L. (2023). Impacto de la inteligencia artificial en la educación universitaria. En *Abordagens sobre ensino-aprendizagem e formação de profesores* (pp.80-91). Editora Científica Digital. https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/230513147.pdf

Ubal, M., Tambasco, P., Martínez, P., & García, M. (2023). El Impacto de la Inteligencia Artificial en la educación. Riesgos y potencialidades de la IA en el aula. *RiiTE*, (15), 41-57. https://doi.org/10.6018/riite.584501

17 Más allá del *Flip*: El impacto de la inteligencia artificial en el aula invertida

Enrique Arellano-Becerril @, Alexandro Escudero-Nahón @ y Emma Patricia Mercado-López @

El panorama educativo está en constante evolución y la integración de la inteligencia artificial (IA) ha surgido como una fuerza transformadora que revoluciona las metodologías de enseñanza tradicionales. Uno de esos cambios de paradigma se observa en el modelo de aula invertida, donde se invierten los roles tradicionales de las actividades del aula y las tareas. Este capítulo profundiza en la intersección dinámica de la IA y la creación de contenido educativo dentro del contexto del aula invertida, explorando los innumerables desafíos y oportunidades que presenta esta fusión.

La integración de la IA en el diseño de contenidos educativos abre oportunidades para abordar estos desafíos de forma sistemática. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden analizar patrones de aprendizaje individuales y proporcionar recomendaciones de contenido personalizadas que satisfagan las diversas necesidades de los estudiantes. Además, las herramientas de evaluación impulsadas por IA pueden ofrecer comentarios en tiempo real, lo que permite a los educadores adaptar sus actividades en clase para abordar brechas de aprendizaje específicas.

En el ámbito de la educación superior, la IA ha revolucionado el entorno de aprendizaje al ofrecer una amplia gama de beneficios y aplicaciones, entre los principales se encuentran los siguientes: aprendizaje personalizado, análisis predictivo para el éxito de los estudiantes, tareas administrativas automatizadas, asistentes virtuales y *chatbots*, aulas inteligentes, creación de contenido educativo, entre otros.

Las aplicaciones de IA en el diseño de contenidos educativos van más allá de ofrecer recomendaciones personalizadas. Los algoritmos de procesamiento tienen la capacidad de mejorar elementos interactivos en los materiales educativos, lo que permite crear recursos más atractivos, dinámicos y accesibles para los estudiantes.

Este capítulo se embarca en un viaje para explorar la sinergia entre la IA y el aula invertida, abordando los desafíos y aprovechando las oportunidades que presenta para el futuro de la educación. El potencial transformador de esta fusión está preparado para remodelar el panorama de la enseñanza y el aprendizaje.

Aula invertida

La teoría del constructivismo sostiene que el aprendizaje es un proceso activo, en el que los estudiantes construyen nuevos conocimientos a partir de sus experiencias previas. Basándose en esta idea, el aula invertida fue propuesta en 2007 por Jonathan Bergman y Aaron Sams (Bergmann & Sams, 2012), como una alternativa innovadora para aquellos estudiantes que no podían asistir a clases presenciales por diversas razones. Los autores comenzaron a grabar videos de sus lecciones, permitiendo a los estudiantes acceder a los contenidos en sus ratos libres. Esta estrategia permitía que los alumnos llegaran a clase con un conocimiento previo del tema, preparados para plantear dudas específicas y participar de manera más activa en discusiones y actividades prácticas. De esta manera, el tiempo en el aula se optimizaba, pues en lugar de dedicarlo a la exposición del tema, se utilizaba para resolver problemas, aclarar conceptos y profundizar en la materia. Esta novedosa estructura, que invierte la dinámica tradicional de la enseñanza —donde la instrucción se da en el aula y las tareas se realizan en casa— se convirtió en lo que hoy conocemos como *aula invertida*.

Aunque existen registros anteriores del concepto de aula invertida, ninguna propuesta logró ganar popularidad hasta que se le dio un énfasis significativo al uso de tecnología digital (Ruiz-Barrios et al., 2022). La peculiaridad de este modelo radica en que los alumnos llegan a la escuela habiendo revisado previamente el contenido en casa, utilizando diversas tecnologías educativas. Durante esta etapa inicial, los estudiantes asumen un rol más autónomo, ya que son responsables de buscar, adquirir y comprender la información. Posteriormente, al asistir a clase, los estudiantes participan en actividades diseñadas para desarrollar el aprendizaje colaborativo y significativo, que se evalúa mediante la heteroevaluación, coevaluación y autoevaluación. Finalmente, el estudiante vuelve a casa y realiza autoevaluaciones adicionales para reflexionar sobre su proceso de aprendizaje.

En la primera etapa, el docente contribuye con material de apoyo que facilita el proceso de adquisición de la información. Durante la clase, las actividades se realizan considerando algún procedimiento sistemático, por ejemplo, basadas en los diferentes niveles cognitivos de la taxonomía de Bloom, teniendo como objetivo lograr los procesos más complejos: creación y evaluación (Divjak et al., 2022). La creación de contenido y re-

cursos educativos tanto por parte del docente como del estudiante se vuelve fundamental para la implementación del aula invertida. Justamente, es en estos espacios donde el uso de la IA funge como apoyo de aprendizaje para el estudiante. De esta manera, la IA potencia la forma de entender y aprender las necesidades específicas de cada estudiante (Llanos et al., 2021).

Tipos de recursos educativos digitales

Los contenidos digitales educativos engloban una amplia gama de materiales diseñados para facilitar el aprendizaje a través de plataformas digitales. Algunos tipos y formatos comunes son los siguientes:

- Contenido basado en texto: libros electrónicos, artículos y blogs.
- Contenido multimedia: videos, podcasts, infografía.
- Contenido interactivo: simulaciones y laboratorios virtuales, juegos interactivos, cuestionarios y evaluaciones.
- Seminarios web y clases virtuales.
- Sistemas de gestión del aprendizaje (LMS).
- Realidad aumentada (AR) y realidad virtual (VR).
- Redes sociales y plataformas colaborativas.
- Recursos educativos abiertos (REA).
- Plataformas de aprendizaje adaptativo.
- Aplicaciones móviles.

Estos tipos y formatos de contenido educativo digital ofrecen diversas formas de involucrar a los estudiantes y atender diferentes estilos de aprendizaje, haciendo que la educación sea más accesible y flexible.

¿Qué es la inteligencia artificial?

La IA refiere al desarrollo de sistemas informáticos que pueden realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, tales como el aprendizaje, el razonamiento, la resolución de problemas, la percepción, el reconocimiento del habla y la comprensión del lenguaje. El objetivo de la IA es crear máquinas que puedan simular y replicar las capacidades cognitivas humanas.

El aprendizaje automático es un subconjunto de la IA que se centra en el desarrollo de algoritmos y modelos estadísticos que permiten a las computadoras mejorar su rendimiento en una tarea específica a lo largo del tiempo. En lugar de programarse explícitamente, estos sistemas aprenden de los datos y la experiencia. El aprendizaje profundo,

un subconjunto del aprendizaje automático, involucra redes neuronales con múltiples capas (redes neuronales profundas) y ha mostrado un éxito notable en diversas aplicaciones de IA, como el reconocimiento de imágenes y voz.

La IA tiene diversas aplicaciones en educación, que van desde plataformas de aprendizaje personalizadas hasta sistemas de tutoría inteligentes. Tiene el potencial de mejorar las experiencias educativas adaptándose a estilos de aprendizaje individuales, proporcionando retroalimentación en tiempo real y automatizando tareas administrativas. Sin embargo, las consideraciones éticas, las preocupaciones sobre la privacidad y la necesidad de un desarrollo responsable de la IA siguen siendo consideraciones importantes al integrarse a la educación.

Algunos conceptos sobre inteligencia artificial

A continuación, se muestran algunos conceptos básicos para entender los fundamentos de IA, para obtener mejores respuestas de una interfaz de IA como ChatGPT y demás similares:

- *Aprendizaje automático o machine learning (ML).* Es un campo de estudio dentro de la inteligencia artificial que brinda a las computadoras la capacidad de aprender sin la necesidad de ser programadas explícitamente (Samuel, 1959). Su objetivo principal es permitir que las máquinas desarrollen sistemas inteligentes que imiten la capacidad humana de aprender a partir de la experiencia y, así, mejorar su rendimiento con el tiempo (Ritonga et al., 2022).
- *IA generativa.* Es un tipo de tecnología de inteligencia artificial que puede producir varios tipos de contenido, incluidos texto, imágenes, audio y datos sintéticos (Lawton, 2024).
- *Prompt.* Es un término que describe la práctica de utilizar indicaciones basadas en texto para interactuar con *chatbots* y otras herramientas de inteligencia artificial generativa para lograr los resultados deseados, como texto, imágenes, audio, video o una combinación de medios digitales (Liu & Chilton, 2022).
- *Modelo de lenguaje de gran tamaño (LLM)*. Es un tipo de modelo de aprendizaje profundo que ha sido entrenado para comprender y generar texto de forma similar a la humana. Se basa en el aprendizaje automático utilizando específicamente un tipo de red neuronal conocida como modelo transformador.
- *Chain of thought (CoT) prompting (cadenas de pensamiento).* Son técnicas de ingeniería mediante la que se obliga a los LLM a generar una secuencia de pasos intermedios que conducen a la respuesta deseada. Se usan para dividir una tarea compleja en partes lógicas y de tamaño más pequeño.

- *Redes neuronales*. "Son un medio para realizar aprendizaje automático, en el que una computadora aprende a realizar alguna tarea analizando ejemplos de entrenamiento" (Hardesty, 2017, párr.6).

Aplicaciones de IA generativa

La Tabla 1 describe las aplicaciones más populares de inteligencia artificial generativa.

Tabla 1

Aplicaciones de IA generativa

Aplicación	Descripción y uso
ChatGPT	Es un chatbot desarrollado por OpenAI.
Bard	Es un chatbot y herramienta de generación de contenidos desarrollado por Google.
Dall-E	Es la versión reciente de OpenAI para generación de imágenes y arte.
AlphaCode	Brinda capacitación en varios lenguajes de programación, incluidos C#, Ruby, Scala, Java, JavaScript, PHP, Go y Rust, Python y C++.
GitHub Copilot	Se utiliza para generar código de programación.
Cohere Generate	Contenido personalizado para correos electrónicos, páginas de destino, descripciones de productos y otras necesidades.
Claude	Es un asistente de inteligencia artificial de última generación desarrollado por Anthropic.
Synthesia	Herramienta para crear videos con IA.
StyleGAN	Para generar imágenes.

¿Cómo usar la IA para generar contenido educativo?

En esta sección, se explora la generación de contenido educativo basado en texto mediante el uso de interfaces de chatbot como ChatGPT, Bard, entre otras. Para interactuar eficazmente con estas herramientas de IA es fundamental comprender qué es un *prompt* y las diferentes formas de generarlo.

Un prompt es una instrucción o conjunto de indicaciones que se le proporciona a la IA para que genere una respuesta específica. Funciona como una consulta o comando que guía al sistema de IA para producir un resultado coherente y relevante. La eficacia en el desarrollo de un prompt es esencial, ya que de él depende la calidad de la respuesta generada. Un mensaje bien formulado puede llevar a obtener la información o el resultado deseado, mientras que un prompt ambiguo o poco claro puede dar lugar a respuestas imprecisas o irrelevantes.

La formulación del problema es el primer paso clave al interactuar con herramientas de IA generativa, ya que consiste en comprender la pregunta o el desafío que se desea abordar con el mayor nivel de detalle posible. Este proceso guiará la elaboración de las indicaciones que se utilizarán para interactuar con la IA, determinando la precisión y eficacia de las respuestas obtenidas. Para formular un problema de manera eficaz, es esencial determinar el contexto, identificando claramente qué se busca resolver, qué información es relevante y cuál es el resultado esperado; esto requiere pensar y planificar cuidadosamente antes de interactuar con la IA, asegurando así que las indicaciones proporcionadas sean claras y específicas, y que la herramienta pueda producir el resultado deseado (O'Connor et al., 2024).

Cuando se trata de problemas complejos, dividirlos en varios componentes puede ser una estrategia efectiva para simplificar las indicaciones que se le proporcionan a la IA, lo cual permite que cada componente se enfoque en una tarea individual. Como en cualquier tipo de comunicación, no existe una única fórmula para interactuar con modelos como ChatGPT. Sin embargo, diversos autores han sugerido estrategias para desarrollar prompts eficaces que ayuden a obtener resultados esperados, tales como:

1. Definir el objetivo.
2. Comprender las capacidades del modelo.
3. Especificar el formato de entrada.
4. Considerar el contexto.
5. Experimentar con diferentes formas de hacer una pregunta.
6. Identificar e incluir palabras clave que sean relevantes para la consulta.
7. Refinar y probar iterativamente el mensaje.
8. Considerar las implicaciones éticas y parciales.

Al seguir estos pasos se pueden desarrollar indicaciones que mejoren el rendimiento y la capacidad de respuesta de los modelos de IA en diversos contextos educativos u otras aplicaciones. "Al final, la magia de la IA generativa se producirá con indicaciones bien estructuradas, bien diseñadas y bien ideadas" (Bozkurt, 2023, p.201).

Impacto de la IA en el diseño de contenido educativo para aula invertida

La creación de contenidos educativos mediante estas nuevas tecnologías permite lograr entornos de aprendizaje innovadores. Tanto estudiantes como docentes producen contenido que posibilita compartir información de manera colaborativa, fomentando el pensamiento crítico y reflexivo de los estudiantes. La implementación de la IA es una necesidad de la educación virtual, ya que se adapta a las necesidades específicas de cada estudiante a partir del aprendizaje automatizado (Llanos et al., 2021).

La utilización de la IA a través de chatbots proporciona un soporte personalizado a los estudiantes durante la primera etapa del aula invertida, permitiéndoles acceder a asesoría en cualquier momento que la necesiten, es decir, con disponibilidad las 24 horas, los siete días de la semana. Los chatbots se utilizan en el contexto del aprendizaje como asistentes y tutores virtuales, cuyo principal objetivo es ofrecer retroalimentación en tiempo real sobre el desempeño del estudiante. Esta tecnología trae múltiples beneficios, entre los que destacan: retroalimentación inmediata para el estudiante, mayor interacción con el contenido de aprendizaje y recordatorios constantes sobre los materiales previos que deben ser revisados.

En relación con los docentes, los chatbots con IA proporcionan información en tiempo real sobre los avances individuales de los estudiantes en su proceso de aprendizaje (Lo & Hew, 2023). Por tanto, la IA ofrece herramientas de seguimiento que promueven entornos de aprendizaje más dinámicos y efectivos, lo que contribuye a mejorar la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes (Sanchez-Gonzalez & Terrell, 2023).

Conclusión

El impacto transformador de la IA en el diseño de contenidos educativos para el aula invertida es innegable. A medida que los educadores navegan por el panorama dinámico de la integración de la IA en la educación, se hace evidente la importancia de fomentar el interés y el aprendizaje para interactuar y generar contenido educativo con el uso de IA para maximizar los beneficios potenciales de esta herramienta.

A pesar de los avances prometedores en las tecnologías de IA, existe una brecha notable en el conocimiento y las habilidades tanto de estudiantes como de profesores cuando se trata de aprovechar todo el potencial de la IA con fines educativos. Cerrar esta brecha requiere un esfuerzo concertado por parte de las instituciones educativas, los formuladores de políticas y las iniciativas de desarrollo profesional para brindar programas de capacitación integrales que empoderen tanto a los docentes como a los estudiantes.

En esencia, a medida que la IA se vuelve cada vez más frecuente en los entornos educativos, el éxito de su integración depende del esfuerzo colectivo para cerrar la brecha de conocimiento entre estudiantes y profesores. Al aprovechar el potencial transformador de la IA, fomentar la alfabetización digital e incorporar técnicas para generar contenido educativo con estas herramientas, los docentes pueden allanar el camino hacia un entorno de aprendizaje más adaptable y personalizado en el aula invertida. De este modo, se prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos y oportunidades del mundo actual, alineándose con el panorama del conocimiento del siglo XXI.

Referencias

Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: reach every student in every class every day.* International Society for Technology in Education.

Bozkurt, A. (2023). Generative artificial intelligence (AI) powered conversational educational agents: The inevitable paradigm shift. *Asian Journal of Distance Education, 18*(1), 198–204.

Divjak, B., Rienties, B., Iniesto, F., Vondra, P., & Žižak, M. (2022). Flipped classrooms in higher education during the COVID-19 pandemic: findings and future research recommendations. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 19*(1), 9. https://doi.org/10.1186/s41239-021-00316-4

Hardesty, L. (2017). Explained: Neural networks. *MIT News.* https://news.mit.edu/2017/explained-neural-networks-deep-learning-0414

Lawton, G. (2024, January). What is generative AI? Everything you need to know. *Tech Target.* https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/generative-AI

Liu, V., & Chilton, L. B. (2022). *Design Guidelines for Prompt Engineering Text-to-Image Generative Models.* Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. https://doi.org/10.1145/3491102.3501825

Llanos, J. M., Hidalgo, C. G., & Bucheli, V. A. (2021). Una revisión sistemática sobre aula invertida y aprendizaje colaborativo apoyados en inteligencia artificial para el aprendizaje de programación. *Tecnura, 25*(69), 196–214. https://doi.org/10.14483/22487638.16934

Lo, C. K., Hew, K. F. (2023). A review of integrating AI-based chatbots into flipped learning: new possibilities and challenges. *Frontiers in Eduction, 8*. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1175715

O'Connor, S., Peltonen, L.-M., Topaz, M., Chen, L.-Y. A., Michalowski, M., Ronquillo, C., Stiglic, G., Chu, C. H., Hui, V., & Denis-Lalonde, D. (2024). Prompt engineering when using generative AI in nursing education. *Nurse Education in Practice, 74,* 103825. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nepr.2023.103825

Ritonga, M., Zulmuqim, Z., Bambang, B., Kurniawan, R., & Pahri, P. (2022). SIAKAD machine learning for correcting errors in speaking Arabic. *World Journal on Educational Technology Current Issues, 14,* 768–780. https://doi.org/10.18844/wjet.v14i3.7214

Ruiz-Barrios, E., Escudero-Nahón, A., & López, E. (2022). Evaluación del aprendizaje autónomo dentro del aula invertida: revisión sistemática. *Voces de Educación, 7*(14), 143–168. https://revista.vocesdelaeducacion.com.mx/index.php/voces/article/view/524

Samuel, A. L. (1959). Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers. *IBM Journal of Research and Development, 3*(3), 210–229. https://doi.org/10.1147/rd.33.0210

Sanchez-Gonzalez, M., & Terrell, M. (2023). Flipped Classroom With Artificial Intelligence: Educational Effectiveness of Combining Voice-Over Presentations and AI. *Cureus, 15.* https://doi.org/10.7759/cureus.48354

18 Adopción de la inteligencia artificial generativa en la educación superior: Perspectivas y desafíos

Antonio de Jesús García Chávez @, José Ángel González Fraga @ y Everardo Gutiérrez López @

En la última media década, la inteligencia artificial (IA) se ha ampliado más allá de sus raíces en la investigación y el desarrollo comercial. Aplicaciones con base en esta herramienta como filtros para fotografías y videos, así como *chatbots* se han encargado de embarcar a más de uno en una era de exploración con relación a la IA. Lo anterior ha sido posible en gran medida gracias al encanto de la IA generativa (IAG), la cual ha demostrado una amplia gama de capacidades que superan las de sus predecesores.

Estos sistemas basados en IAG abarcan funcionalidades polifacéticas que ofrecen beneficios económicos y humanos tangibles. Imaginemos un mundo futurista en el que los ordenadores no solo sean capaces de interpretar aspectos del lenguaje (Bender & Koller, 2020), sino que puedan resolver el problema de base simbólica (Harnad, 1990), permitiéndoles razonar sobre el mundo físico, social y mental. Esto abriría la puerta a que tareas como componer historias y música que conecten con nuestras emociones, analizar datos para visualización y generar hipótesis se realicen con la indispensable ayuda de estas tecnologías.

La IAG ya hace posible parte de este futuro con la llegada de los modelos fundacionales (Bommasani et al., 2021), en particular, los modelos de lenguaje de gran tamaño (LLM o *Large Language Models*), que han capturado la imaginación y elevado las expectativas a niveles sin precedentes. Modelos como GPT (OpenAI, 2023) representan un cambio de paradigma que trasciende la computación tradicional y se adentra en las complejas dimensiones de la cognición, la creatividad y la comunicación humana. Este avance ha generado la necesidad de transformar el paradigma de adopción y aplicación de estos LLM en los entornos educativos, ya que resulta vital fomentar una alfabetización en IA, incentivar la eficiencia y el uso adecuado de estos modelos, y mejorar las

habilidades de pensamiento crítico en los estudiantes; además, resulta imperativo replantear y analizar ciertos métodos de enseñanza convencionales para adaptarlos a las nuevas realidades y posibilidades que la IAG ofrece (Walter, 2024).

En este capítulo argumentamos un caso positivo en relación con las perspectivas de los estudiantes, académicos y su uso como herramienta para investigadores, destacando la importancia de tres bloques principales que son esenciales para la existencia y funcionamiento de los modelos generativos: *datos de entrenamiento*, *transformers* y *parámetros*. Para propósitos pedagógicos, podemos usar la analogía de estos LLM con una biblioteca, donde la cantidad y diversidad de textos que contiene representan los datos de entrenamiento de estos modelos. El bibliotecario de esta analogía es comparable a la arquitectura de red neuronal que sustenta a los modelos, conocida como transformers (Vaswani et al., 2017). Este "bibliotecario" ayuda a comprender las conexiones y patrones de información contenidos en la "biblioteca" y, cuando se le consulta por algún título, información o sugerencia, se encarga de reunir los libros e información pertinente a lo solicitado. Por último, el sistema de clasificación que utiliza la biblioteca representa los parámetros de los LLM, por lo que un sistema de clasificación con mayor cantidad de categorías (parámetros) permite almacenar y acceder de forma más precisa a la información específica. Aunque estos LLM constan de más elementos que solo libros, un bibliotecario y un sistema de catalogación (datos de entrenamiento, transformers y parámetros), podemos considerar que estos tres componentes son las principales piezas que permiten el funcionamiento y la creación de los LLM.

IA generativa como apoyo para el alumno

Una de las principales aplicaciones de la IAG en el ámbito educativo es su uso por parte de los estudiantes como un medio para personalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Walter, 2024). Estudios recientes sugieren que, para lograr este objetivo, se deben implementar diferentes enfoques que permitan a los estudiantes aprovechar de manera efectiva las herramientas de la IAG durante sus estudios.

Una de las aproximaciones iniciales ha sido la creación de tutores inteligentes, que proporcionen retroalimentación personalizada sin incurrir en interacciones sesgadas, negativas u ofensivas para el alumno, al mismo tiempo que fomentan el debate argumentativo. Una alternativa es utilizar las IAG para proveer información complementaria, como ejemplos que ilustren nuevos conceptos, permitiendo así un aprendizaje más profundo. Otra serie de propuestas se centra en el diseño de compañeros virtuales, que promuevan una interacción bidireccional, incentivando el pensamiento crítico y facilitando la obtención de explicaciones detalladas y profundas sobre el tema en estudio. Además,

se han desarrollado herramientas para identificar habilidades en distintas áreas de estudio, permitiendo detectar automáticamente las áreas de oportunidad de los estudiantes y acompañarlos en su proceso de aprendizaje de una manera más dinámica (Malik et al., 2023; Tajik & Tajik, 2023).

Independientemente del enfoque que tenga el uso de la IAG como apoyo directo a los estudiantes, su integración conlleva un conjunto de retos que deben atacarse desde los diferentes niveles dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje. Algunos trabajos, como el de Walter (2024), clasifican estos retos de forma general en tres categorías: alfabetización para el uso de IAG en el aula, generación de instrucciones (*prompting*) como herramienta pedagógica y fomento del pensamiento crítico mediante el uso de IAG. Por su parte, Kelly et al. (2023) se enfocan en los retos en función del conocimiento y adopción de las herramientas de IAG para diferentes grupos de estudiantes, considerando sus condiciones socioeconómicas, culturales y áreas de estudio en las que se desenvuelven. Finalmente, estudios como el de Malik et al. (2023) realizan un análisis comparativo para comprender la percepción y el uso de las herramientas de IAG por parte de los estudiantes al resolver algunas de las tareas principales que se les presentan en el ámbito educativo.

Un punto de acuerdo en la mayoría de los estudios recientes es el enorme potencial que tienen este tipo de herramientas como apoyo adicional para los estudiantes. Esto ha llevado a que instituciones internacionales, como la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), emitan documentos de apoyo que sirvan como guías a las instituciones educativas, en un esfuerzo conjunto por poner a la IAG al servicio de la educación (Sabzalieva & Valentini, 2023). De tal forma que los esfuerzos conjuntos de docentes, instituciones educativas, entidades gubernamentales e instituciones internacionales se materialicen en el aprovechamiento de estas herramientas como un elemento de apoyo en la búsqueda de una mejor experiencia para los estudiantes.

IA generativa como apoyo para el académico

En las últimas décadas, ha crecido el interés por incorporar la IA en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Antes del desarrollo de las IAG, se destacaron tecnologías como los tutores inteligentes, cuyo objetivo principal es adaptar y presentar contenidos de estudio que se ajusten a las características específicas de cada estudiante. Estos tutores proporcionan recomendaciones de contenido y sugerencias para mejorar el rendimiento académico, además de evaluar ejercicios y exámenes, lo que permite una experiencia de aprendizaje más personalizada. El diseño de estos sistemas puede incorporar diversas técnicas de IA para representar el conocimiento y retroalimentar al estudiante, entre las

que destacan la lógica difusa, las redes bayesianas, los modelos ocultos de Markov y los algoritmos genéticos (Al Darayseh, 2023). Además de los tutores inteligentes, otros desarrollos han integrado experiencias sensoriales como la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA), proporcionando al estudiante un entorno interactivo y dinámico que facilita la comprensión y práctica de conceptos complejos.

Los LLM se han presentado como herramientas que algunos docentes y estudiantes han aprovechado como asistentes en diversas fases del proceso educativo. Se debe aclarar que herramientas como ChatGPT y Midjourney son de uso general y no están vinculadas con los enfoques instruccionales y pedagógicos formales; sin embargo, la motivación para interactuar con estas IA de manera pedagógica se ha centrado principalmente en las siguientes tareas:

1. Creación de cursos y planes de clase: Los LLM se utilizan para asistir en la elaboración de contenido educativo. Estos modelos pueden analizar grandes cantidades de datos académicos y generar material relevante y actualizado para diversas disciplinas. Por ejemplo, un profesor de ciencias computacionales que esté diseñando un curso sobre inteligencia artificial podría recurrir a un LLM para obtener información sobre los últimos avances en el campo, casos de estudio relevantes y ejemplos prácticos para enriquecer el plan de estudios. Además, los LLM pueden ayudar a personalizar el contenido del curso según las necesidades individuales de los estudiantes, generando materiales adaptados mediante el análisis de datos de desempeño y preferencias de aprendizaje, lo que maximiza la comprensión y el compromiso del estudiante.
2. Creación de material educativo complementario: Los LLM también son de apoyo para crear tutoriales, guías de estudio y recursos multimedia. Por ejemplo, un profesor puede utilizar un LLM para desarrollar tutoriales interactivos sobre programación en Python, que incluyan ejercicios prácticos y explicaciones detalladas. Esta capacidad de generar material diverso y atractivo ayuda a enriquecer la experiencia de aprendizaje de los estudiantes y fomenta la exploración autodidacta.
3. Evaluación y retroalimentación: En el proceso de evaluación, los LLM ofrecen herramientas para la corrección y retroalimentación de tareas y exámenes. Por ejemplo, un profesor de ingeniería de software puede utilizar un LLM para crear preguntas de opción múltiple que permitan evaluar la comprensión profunda de los conceptos fundamentales. Además, estos modelos pueden analizar automáticamente las respuestas de los estudiantes y proporcionar retroalimentación instantánea y personalizada, lo que agiliza el proceso de evaluación y permite una atención más individualizada.

4. Simplificación de procesos administrativos: Además de su utilidad en la creación de contenido educativo, los LLM pueden ayudar a simplificar las tareas administrativas para los profesores universitarios. Por ejemplo, pueden automatizar tareas como la programación de clases, la gestión de calificaciones y la comunicación con los estudiantes. Esto libera tiempo y recursos que los profesores pueden dedicar a actividades más centradas en el aprendizaje, como la tutoría individual y la investigación.

A pesar de los numerosos beneficios que las tecnologías de los LLM pueden aportar al proceso educativo, su uso e implementación plantean desafíos y consideraciones éticas importantes que deben abordarse de manera cuidadosa.

IA generativa como apoyo para el investigador

En los últimos años, se ha producido un notable aumento en el número de publicaciones científicas relacionadas con la IA (Stanford University, 2023). Desde 2010, esta cifra se ha duplicado, destacándose la diversidad de sectores involucrados. En particular, el sector educativo ha sido el más activo, representando un 75.23% de este crecimiento, le siguen las organizaciones sin fines de lucro, que abarcan un 13.60%, mientras que la industria contribuye con un 7.21%; por otro lado, el sector gubernamental ha aportado un 3.74%, y otros sectores, aunque de forma mínima, han contribuido con un 0.22%.

La cuestión de si las herramientas basadas en IA aumentarán las capacidades de los investigadores, conduciendo a un futuro más prometedor para el mundo académico, sigue siendo una pregunta abierta.

La influencia de la computación y la IA en el desarrollo de las ciencias es innegable. Desde la gestión de grandes bases de datos hasta el análisis y verificación de hipótesis, estas tecnologías han permitido avances significativos en diversas disciplinas. Sin embargo, el rápido crecimiento en la generación de datos ha llevado a un problema de sobreabundancia de información, lo que puede dificultar la extracción de conocimientos útiles. Es en este contexto donde los modelos generativos, como GPT (OpenAI, 2023), pueden ofrecer soluciones efectivas; el uso de estos LLM tiene el potencial de actuar como bases de conocimiento (*Knowledge Bases*) que faciliten el acceso a información específica (AlKhamissi et al., 2022), o de integrarse con grafos de conocimiento (*Knowledge Graphs*) para relacionar datos relevantes con documentos de interés particular (Pan et al., 2024). Además de sus capacidades de procesamiento de lenguaje natural, los LLM se han convertido en un apoyo crucial para la redacción académica, ayudando a identificar y corregir errores tipográficos, mejorar la coherencia gramatical, sugerir vocabulario

más avanzado y proporcionar estrategias para mejorar la calidad del texto (Rahman & Watanobe, 2023). Un estudio reciente de Nature reveló que el 31% de los posdoctorados encuestados utilizan asistentes como GPT para generar código y resolver problemas técnicos, destacando el valor práctico de estas herramientas en la comunidad científica (Nordling, 2023). Otro uso emergente de los LLM es en la tarea de análisis de datos; por ejemplo, estos modelos pueden generar automáticamente el código necesario para visualizar aspectos relevantes de un conjunto de datos, facilitando así el análisis y la interpretación de la información (Tu et al., 2024). Esta capacidad es especialmente prometedora en áreas como la investigación en salud, donde modelos entrenados para responder preguntas médicas pueden ofrecer un apoyo sustancial en la investigación y el diagnóstico (Karabacak & Margetis, 2023; Peng et al., 2023). En concreto, disciplinas como la oftalmología (Yaghy et al., 2024) y la biomedicina (Thapa et al., 2023) han comenzado a explorar activamente el impacto positivo que estas herramientas podrían tener en sus campos. De manera similar, el interés en las ciencias sociales por adaptar y reinventar sus metodologías tradicionales para aprovechar las capacidades de los modelos generativos también está en aumento (Grossmann et al., 2023). Un posible escenario es el uso de estos modelos como simulaciones de individuos, que podrían ayudar a generar hipótesis que posteriormente se confirmarían con experimentos o estudios reales.

Discusión y conclusiones

La academia y el sector educativo enfrentan un desafío común en el uso de modelos generativos de lenguaje: el riesgo de consumir y difundir información no veraz o inexacta, conocida como "alucinaciones" o "confabulaciones" (Smith et al., 2023), las cuales se producen cuando los modelos generan respuestas que parecen plausibles pero que carecen de base factual.

Es evidente que las herramientas basadas en IA seguirán evolucionando, y los desafíos asociados con su uso no desaparecerán; por ello, es importante fomentar el debate sobre los riesgos potenciales y promover una reflexión profunda que conduzca a la creación de marcos legislativos y al uso responsable de estas tecnologías. Esto es necesario para garantizar que las buenas prácticas científicas y académicas no se vean comprometidas (Birhane et al., 2023). A continuación, se explican algunos desafíos y se proporcionan recomendaciones de cómo enfrentarlos:

- *Sesgo algorítmico:* Uno de los principales desafíos en el uso de LLM es el riesgo de sesgo algorítmico en la generación de contenido educativo. Estos modelos aprenden de grandes conjuntos de datos, que pueden reflejar sesgos culturales, sociales o de género existentes. Para abordar este problema, es fundamental realizar una

supervisión activa (humana) y continua de los datos de entrenamiento y del contenido generado por los LLM para identificar y mitigar cualquier sesgo potencial.

- *Disminución en la participación y compromiso del estudiante:* En general, la dependencia excesiva de la tecnología puede resultar en una disminución del compromiso y la participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje. Para contrarrestar esto, es fundamental integrar estrategias pedagógicas que fomenten la participación significativa, el pensamiento crítico y la colaboración entre pares. Algunas ideas son implementar discusiones en clase, desarrollar actividades prácticas y proporcionar retroalimentación personalizada. Los educadores deben utilizar los LLM como herramientas complementarias en lugar de reemplazos directos de la enseñanza tradicional, y deben dedicar tiempo a involucrar a los estudiantes en la selección y evaluación del contenido generado por la IA.
- *Privacidad y seguridad de los datos:* La utilización de LLM en la educación universitaria implica la recopilación y el procesamiento de datos personales y académicos de los estudiantes; por lo tanto, es fundamental garantizar la privacidad y la seguridad de estos datos para proteger la confidencialidad y la integridad de la información del estudiante. En este sentido, las instituciones deben implementar políticas claras de protección de datos y brindar una adecuada educación sobre la privacidad de datos a toda la comunidad universitaria, incluidos estudiantes, docentes y personal administrativo. Además, los profesores deben implementar medidas sólidas de protección de datos, como el anonimato de los estudiantes en las evaluaciones automatizadas y la limitación del acceso a la información personal; también, es esencial proporcionar transparencia sobre cómo se utilizan los datos recopilados y obtener el consentimiento informado de los estudiantes antes de su utilización.

Referencias

Al Darayseh, A. (2023). Acceptance of artificial intelligence in teaching science: Science teachers' perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 4.* https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100132

AlKhamissi, B., Li, M., Celikyilmaz, A., Diab, M., & Ghazvininejad, M. (2022). A Review on Language Models as Knowledge Bases. *Arxiv*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.06031

Bender, E. M., & Koller, A. (2020). *Climbing towards NLU: On meaning, form, and understanding in the age of data.* Proceedings of the annual meeting of the association for computational linguistics.

Birhane, A., Kasirzadeh, A., Leslie, D., & Wachter, S. (2023). Science in the age of large language models. *Nature Review Physics, 5,* 277-280. https://www.nature.com/articles/s42254-023-00581-4

Bommasani, R., Hudson, D. A., Adeli, E., Altman, R., Arora, S., von Arx, S., & Liang, P. (2021). On the opportunities and risks of foundation models. *Arxiv*. https://arxiv.org/abs/2108.07258

Grossmann, I., Feinberg, M., Parker, D. C., Christakis, N. A., Tetlock, P. E., & Cunningham, W. A. (2023). AI and the transformation of social science research. *Science, 380*(6652), 1108-1109. https://doi.org/10.1126/science.adi1778

Harnad, S. (1990). The symbol grounding problem. *Physica D: Nonlinear Phenomena, 42*(1-3), 335–346. https://doi.org/10.1016/0167-2789(90)90087-6

Karabacak, M., & Margetis, K. (2023). Embracing Large Language Models for Medical Applications: Opportunities and Challenges. *Cureus, 15*(5).

Kelly, A., Sullivan, M., & Strampel, K. (2023). Generative artificial intelligence: University student awareness, experience, and confidence in use across disciplines. *Journal of University Teaching & Learning Practice, 20*(6). https://doi.org/10.53761/1.20.6.12

Magoulas, R., Foster, I. T. (2022). Scholarbert: Bigger is not always better. *ArXiv*. https://arxiv.org/abs/2205.11342

Malik, A. R., Pratiwi, Y., Andajani, K., Numertayasa, I. W., Suharti, S., & Darwis, A. (2023). Exploring Artificial Intelligence in Academic Essay: Higher Education Student's Perspective. *International Journal of Educational Research Open, 5,* 100296.

Nordling, L. (2023, oct). How ChatGPT is transforming the postdoc experience. *Nature, 622*(7983), 655-657. https://doi.org/10.1038/d41586-023-03235-8

OpenAI. (2023, Mar). *GPT-4 Technical Report*.

Pan, S., Luo, L., Wang, Y., Chen, C., Wang, J., & Wu, X. (2024). Unifying Large Language Models and Knowledge Graphs: A Roadmap. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 36*(7), 3580-3599. https://doi.org/10.1109/TKDE.2024.3352100

Peng, C., Yang, X., Chen, A., Smith, K. E., PourNejatian, N., Costa, A. B., Wu, Y. (2023). A study of generative large language model for medical research and healthcare. *NPJ Digital Medicine, 6*(1), 1–10. https://doi.org/10.1038/s41746-023-00958-w

Rahman, M. M., & Watanobe, Y. (2023). ChatGPT for Education and Research: Opportunities, Threats, and Strategies. *Applied Sciences (Switzerland), 13*(9), 5783.

Sabzalieva, E., & Valentini, A. (2023). *ChatGPT and artificial intelligence in higher education: quick start guide*. UNESCO. https://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2023/04/ChatGPT-and-Artificial-Intelligence-in-higher-education-Quick-Start-guide_EN_FINAL.pdf

Smith, A. L., Greaves, F., & Panch, T. (2023). Hallucination or Confabulation? Neuroanatomy as metaphor in Large Language Models. *PLOS Digital Health, 2*(11), e0000388.

Stanford University. (2023). *AI Index Report 2023 – Artificial Intelligence Index*. Stanford University. https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2023/04/HAI_AI-Index-Report_2023.pdf

Tajik, E., & Tajik, F. (2023). A comprehensive Examination of the potential application of Chat GPT in Higher Education Institutions. *TechRxiv,* 1-10.

Thapa, S., & Adhikari, S. (2023). ChatGPT, Bard and Large Language Models for Biomedical Research: Opportunities and Pitfalls. *Annals of Biomedical Engineering, 51*(12), 2647-2651. https://doi.org/10.1007/s10439-023-03284-0

Tu, X., Zou, J., Su, W., & Zhang, L. (2024). What Should Data Science Education Do With Large Language Models? *Harvard Data Science Review, 6*(1). https://doi.org/10.1162/99608f92.bff007ab

Vaswani, A., Shazeer, N. M., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, T., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. En I. Guyon, U. Von Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan, & R. Garnett (Eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NIPS 2017)*. NeurIPS.

Walter, Y. (2024). Embracing the future of Artificial Intelligence in the classroom: the relevance of AI literacy, prompt engineering, and critical thinking in modern education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 21*(15). https://doi.org/10.1186/s41239-024-00448-3

Yaghy, A., Yaghy, M., Shields, J. A., & Shields, C. L. (2024). *Large Language Models in Ophthalmology: Potential and Pitfalls*. Taylor and Francis.

19 Diagnóstico del uso y actitud hacia la inteligencia artificial en estudiantes universitarios: El papel de la autoeficacia, competencias y uso previo

Diego Oswaldo Camacho Vega @, *Salvador Trejo García* @
y María Guadalupe Delgadillo Ramos @

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) tienen una gran influencia en diferentes aspectos de la vida cotidiana, cambiando prácticas comerciales, gubernamentales y educativas (Kamal & Banu, 2010) y transformando el modo en que vivimos, trabajamos y nos comunicamos (Rivoir, 2019). Aunque el uso de estas prácticas no parece estar tan extendido en la educación como en otras disciplinas, su aplicación permite la integración adecuada de diversas tecnologías, especialmente de la inteligencia artificial, IA (Majid & Lakshmi, 2022).

Particularmente, la IA se está consolidando como un recurso clave para la formación de estudiantes universitarios, preparándolos para enfrentar un entorno laboral en constante transformación (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OECD], 2022). Esta tecnología se refiere a la capacidad de las máquinas para realizar tareas que anteriormente requerían la inteligencia humana, como el reconocimiento de patrones, el procesamiento del lenguaje natural, la toma de decisiones y el aprendizaje automático (IBM Data and AI Team, 2023), tratando de simular la inteligencia humana en sistemas programados para pensar e imitar acciones humanas, tales como el aprendizaje y la resolución de problemas (Sánchez-Cardona et al., 2012).

La IA se clasifica en tres categorías principales: IA Estrecha, IA General y Super IA. Actualmente, la IA Estrecha es la que está en uso y ha alcanzado un nivel significativo de desarrollo; se caracteriza por estar diseñada y entrenada para realizar tareas específicas, sin tener capacidades fuera de ese ámbito en particular. Dentro de la IA Estrecha se incluye la IA de Memoria Limitada, que comprende sistemas que pueden tomar decisiones

basadas en datos históricos para realizar tareas complejas; de esta subcategoría surge la IA Generativa (ChatGPT, asistentes virtuales, chatbots y automóviles autónomos), la cual ha demostrado tener un mayor impacto en el ámbito educativo.

Facilitar el aprendizaje de los estudiantes universitarios mediante el uso de TIC, como la IA, representa un esfuerzo importante para las instituciones educativas. Sin embargo, antes de implementar cursos, módulos y proyectos que promuevan el uso de estas tecnologías, es crucial identificar y comprender los factores que facilitan su adopción y uso óptimo. Conocer estos factores permite adaptar las herramientas tecnológicas a las necesidades específicas de cada estudiante, lo que contribuye a mejorar la experiencia de aprendizaje, aumentar la retención de conocimientos y fomentar su éxito académico.

Uno de los factores más importantes que facilitan el aprendizaje a través de tecnologías como la IA es la autoeficacia, que se refiere a la creencia en la propia capacidad para alcanzar objetivos específicos (Bandura, 1997). La autoeficacia ha demostrado tener un impacto destacado en el éxito de los estudiantes universitarios al usar IA y otras tecnologías digitales. La investigación ha señalado que los estudiantes con mayor autoeficacia tienden a ser más abiertos a nuevas experiencias, lo que les permite adaptarse con mayor facilidad a nuevas tecnologías, incluida la IA (Hayat et al., 2020). Además, la experiencia previa en el uso de herramientas computacionales y la IA influye directamente en las actitudes y competencias de los estudiantes, así como las variables demográficas como la edad y el género (Jyothychandra & Sulaimann, 2022).

En este estudio, se propuso examinar diversos factores que influyen en la actitud hacia el uso de la IA por parte de estudiantes de educación superior. Para lograrlo, se consideraron una serie de variables demográficas, como la edad y el género, así como la experiencia previa de los estudiantes con la IA. Además, se analizó la actitud general hacia el uso de la IA, incluyendo aspectos como las competencias y conocimientos en esta herramienta, y la autoeficacia de los estudiantes, es decir, su confianza en su capacidad para usar y aprender a través de tecnologías avanzadas como la IA.

Métodos

Para la realización de este trabajo se llevó a cabo un diseño no experimental, con muestreo por conveniencia. Se invitó a participar a estudiantes de la Facultad de Medicina y Psicología (FMP) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), campus Tijuana. La invitación se realizó de manera presencial y, a quienes aceptaron de manera voluntaria, se les compartió un enlace para un formato de la plataforma Google donde los estudiantes localizaron los instrumentos de medición.

Materiales

La autoeficacia se evaluó mediante la Escala General de Autoeficacia Académica (GASE), desarrollada por Nielsen et al. (2018). Esta es una escala de autoinforme que consta de cinco ítems tipo Likert de cinco puntos (1 = totalmente en desacuerdo, 5 = totalmente de acuerdo), diseñada para medir la confianza de los estudiantes en su capacidad para alcanzar metas académicas. La GASE ha demostrado niveles positivos de validez y confiabilidad en estudios previos; por ejemplo, Akanni y Oduaran (2018) reportaron una consistencia interna aceptable con un alfa de Cronbach de 0.81, lo que indica que la escala es adecuada para evaluar la autoeficacia. Adicionalmente, Van Zyl et al. (2022) confirmaron la fiabilidad y validez de la GASE a lo largo del tiempo, respaldando su uso en distintos contextos académicos. En el presente estudio, el valor de Alfa de Cronbach obtenido fue de 0.84 (IC 95% [0.77:0.89]).

La actitud hacia la IA se evaluó utilizando la Escala de Actitudes de los Estudiantes hacia la IA (SATAI), desarrollada por Suh y Ahn (2022). Esta escala de autorreporte consta de 26 ítems tipo Likert de cinco puntos (1 = totalmente en desacuerdo, 5 = totalmente de acuerdo) y mide tres componentes clave de la actitud: cognitivo, afectivo y conductual. La confiabilidad general de la escala se determinó mediante el cálculo del Alfa de Cronbach, obteniéndose un 0.93 (IC 95% [0.90:0.96]), lo que indica una excelente consistencia interna. Además, los niveles de confiabilidad para las dimensiones específicas fueron 0.92 (IC 95% [0.88:0.94]) para la dimensión cognitiva, y 0.93 (IC 95% [0.90:0.95]) para las dimensiones afectiva y conductual, respectivamente.

La competencia y conocimiento de la IA se evaluó utilizando la Escala de Alfabetismo de IA (AILS), desarrollada por Wang et al. (2023). Esta escala de autoinforme consta de 12 ítems tipo Likert de siete puntos (1 = totalmente en desacuerdo, 7 = totalmente de acuerdo) y se basa en la teoría de alfabetización digital, evaluando cuatro dimensiones clave relacionadas con la IA: consciencia, uso, evaluación y ética. El valor del alfa de Cronbach para la escala total fue de 0.86 (IC 95% [0.81:0.91]), lo que indica una buena consistencia interna. Sin embargo, los niveles de confiabilidad para las subescalas variaron: 0.62 (IC 95% [0.45:0.75]) para consciencia, 0.59 (IC 95% [0.40:0.73]) para uso, 0.89 (IC 95% [0.83:0.93]) para evaluación, y 0.56 (IC 95% [0.32:0.71]) para ética.

Finalmente, se controlaron variables relacionadas con la experiencia previa de los participantes con la IA. Para ello, se les preguntó lo siguiente:

- Si habían tenido formación en ciencias de la computación
- Si habían asistido a conferencias de IA, y
- Cuál era la frecuencia de uso de la IA en el contexto de aprendizaje informal

Análisis estadístico

El análisis de caracterización sobre la distribución de hombres y mujeres por etapa en la carrera se realizó mediante una prueba de Chi cuadrado, que permitió evaluar si existían diferencias significativas en la presencia de ambos sexos en las diferentes etapas. Además, para determinar si había diferencias en la edad entre los grupos de sexo y las etapas de la carrera, se utilizaron dos pruebas estadísticas diferentes: (a) U de Mann Whitney se aplicó para comparar las edades entre hombres y mujeres, dado que los datos de edad en el grupo de mujeres no cumplieron el supuesto de normalidad según la prueba de Shapiro-Wilk ($W = 0.55$, $p < 0.001$); (b) ANOVA se utilizó para el análisis de las etapas, ya que, en este caso, los datos cumplían con el supuesto de homogeneidad de varianzas, verificado mediante la prueba de Levene ($F[2,72] = 0.89$, $p > 0.05$), lo cual permitió comparar las edades entre las diferentes etapas de la carrera de manera adecuada.

Los análisis principales se realizaron en dos etapas: primero se analizó la relación de las variables de control y de caracterización (experiencia previa con las IA, sexo y edad) con las variables de interés (autoeficacia académica, actitud hacia la IA, y conocimientos y competencias de la IA) mediante Chi cuadrada, U de Mann Whitney y correlación de Spearman para las variables categóricas o aquellas que no cumplían con el supuesto de homogeneidad, así como las pruebas t de student y ANOVA para aquellas que cumplían con los supuestos paramétricos. Después, se analizó la relación de la autoeficacia con la actitud y competencia del uso de la IA mediante correlación de Spearman.

Resultados

Se contó con la participación de 75 estudiantes de licenciatura de la FMP, quienes respondieron voluntariamente los instrumentos.

Los resultados principales fueron los siguientes: el 72% de los participantes fueron mujeres y el 28% hombres. La edad promedio de los estudiantes fue de 20.4 años, y no se encontraron diferencias significativas en la edad entre sexos ($W = 504.5$, $p > 0.05$). Los estudiantes pertenecían a las tres etapas de estudios de pregrado en los programas de la UABC: 75% de los participantes estaban en la etapa básica, 10% en la etapa disciplinaria y 15% en la etapa terminal. Se encontraron diferencias significativas en la edad entre las distintas etapas académicas, ($F\ [2,72] = 3.63$, $p < 0.05$), con diferencia Post Hoc entre la primera y la tercera etapa ($t = -2.59$, $p_{tukey} > 0.05$), como se muestra en la Tabla 1. Sin embargo, no se encontraron diferencias en la proporción de hombres y mujeres por etapa ($X^2[2] = 2.93$, $p > 0.05$).

Tabla 1

Frecuencia de participantes por etapa, sexo y su edad

	Etapa			Edad
Sexo	Básica	Disciplinaria	Terminal	Media (DE)
Mujeres	43	4	7	20.72 (3.25)
Hombres	13	4	4	20.67 (1.74)
Edad - Media (DE)	20.31 (3.15)	20.63 (1.30)	22.72 (1.19)	

Nota. DE = desviación estándar.

En primera instancia, no se encontró relación entre las variables de control y las variables de caracterización. En relación con el sexo, no se encontraron diferencias significativas entre hombres y mujeres en la proporción de quienes han estudiado ciencias de la computación ($X^2[1] = 0.002$, $p > 0.05$), ni en la asistencia a conferencias de IA ($X^2[1] = 0.092$, $p > 0.05$), ni tampoco en la frecuencia del uso de oportunidades de aprendizaje de IA (U = 590, $p > 0.05$). En referencia a la edad, no se encontraron diferencias significativas entre quienes han estudiado o no ciencias de la computación (t [73] = 0.04, $p > 0.05$), ni en la asistencia a conferencias de IA (t [73] = 0.47, $p > 0.05$); sin embargo, se encontró una correlación negativa entre la edad y la frecuencia del uso de IA para aprendizaje ($r_{sp} = -0.44$, $p < 0.001$).

Al analizar las variables de caracterización y las variables de interés, se encontró una correlación negativa entre la edad y el uso de IA ($r_{sp} = -0.28$, $p < 0.05$), así como con la evaluación de IA ($r_{sp} = -0.29$, $p < 0.05$); también hubo una correlación negativa entre la edad y la actitud cognitiva hacia la IA ($r_{sp} = -0.26$, $p < 0.05$). Respecto al sexo, se observó que los hombres mostraron una mayor actitud conductual positiva hacia la IA en comparación con las mujeres (U = 360.5, $p < 0.05$); sin embargo, no se mantuvo significativa tras aplicar la corrección de Bonferroni por múltiples comparaciones. En cuanto a la etapa académica, no se encontraron diferencias significativas en las variables de interés (autoeficacia académica, actitud hacia la IA, competencias y conocimiento en IA) en función de las etapas académicas.

En cuanto a las variables de control, se encontró una relación positiva entre la autoeficacia y el haber estudiado ciencias de la computación (U = 430, $p < 0.05$), incluso después de la corrección de Bonferroni. Por otra parte, no se encontraron efectos significativos de haber asistido a conferencias de IA en ninguna de las variables. Sin embargo, la frecuencia de uso de oportunidades de aprendizaje relacionadas con IA se relacionó de forma positiva con el conocimiento y competencia sobre las IA: a nivel de consciencia de

las tecnologías IA (r_{sp} = 0.39, p > 0.001), con el uso de IA (r_{sp} = 0.38, p > 0.001) y la evaluación de IA (r_{sp} = 0.44, p > 0.001); así como también, se relacionó de forma positiva con la actitud hacia las IA a nivel cognitivo (r_{sp} = 0.41, p > 0.001) y afectivo (r_{sp} = 0.30, p > 0.01).

En cuanto a los resultados de correlación de las variables principales (Tabla 2), se encontró una correlación positiva entre la autoeficacia y los componentes de actitudes hacia las IA y las componentes de competencia de consciencia, evaluación y ética, pero no con el uso. De las competencias de la IA, consciencia y evaluación se relacionan de forma positiva con las actitudes hacia la IA, sin embargo, el uso y la ética muestran bajas o nulas correlaciones con la actitud hacia la IA.

Tabla 2

Correlaciones entre la autoeficacia, competencia de IA y actitud hacia la IA

Variable		1	2	3	4	5	6	7
Autoeficacia	1. Autoeficacia	—						
Competencia en IA	2. Consciencia	0.38***	—					
	3. Uso	0.18	0.36**	—				
	4.Evaluación	0.38***	0.60***	0.51***	—			
	5. Ética	0.28*	0.43***	0.22	0.36**	—		
Actitud hacia la IA	6. Componente cognitivo	0.39***	0.26*	0.15	0.44***	0.27*	—	
	7. Componente afectivo	0.29**	0.31**	0.28*	0.32**	0.10	0.6***	—
	8. Componente conductual	0.31**	0.34**	0.30**	0.44***	0.27*	0.52***	0.71***

Nota. Correlaciones de Spearman. IA = inteligencia artificial. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001.

Discusión

El propósito del estudio fue describir y analizar la relación entre la actitud hacia el uso de la IA, las competencias en IA y la autoeficacia en estudiantes de la UABC que participan en cursos apoyados por IA. Además, se buscó identificar la influencia de factores sociodemográficos y de experiencia previa en el uso de la IA sobre esas variables.

Los resultados indicaron que la autoeficacia y la competencia en IA se correlacionaba positivamente con la actitud hacia la IA, lo que sugiere que los estudiantes con mayor confianza en su capacidad para utilizar la IA tienen una percepción más favorable para integrarla en sus actividades académicas. Estos hallazgos son consistentes con la

teoría social cognitiva (Bandura, 1997; Schunk & DiBenedetto, 2020) que plantea que la autoeficacia influye en las creencias, los sentimientos y las acciones de las personas. En el contexto de la educación, la autoeficacia puede afectar el interés, la motivación y el logro de los estudiantes al enfrentarse a nuevos desafíos o tareas, lo que sugiere que los estudiantes con alta autoeficacia pueden sentirse más capaces de adoptar la IA dentro de su proceso de aprendizaje, reflejándose en una actitud más positiva hacia esta tecnología (Indriana et al., 2022).

Otro aspecto que parece influir en la actitud hacia la IA es la competencia y el conocimiento de esta, es decir, el grado en que los estudiantes se sienten capaces de entender y utilizar la IA de forma adecuada. Los resultados mostraron que los estudiantes que reportaron tener más competencia y conocimiento en IA también tenían una actitud más positiva hacia su uso. Esto concuerda con lo planteado por Sit et al. (2019) y Wang et al. (2019), quienes señalan que el conocimiento de la IA es un factor clave para reducir la resistencia y aumentar la aceptación de esta tecnología entre los estudiantes. Por lo tanto, es importante brindar a los estudiantes oportunidades de aprendizaje que les permitan desarrollar las competencias necesarias para interactuar con la IA de forma crítica y reflexiva. Además, es necesario seguir fortaleciendo habilidades computacionales previas al ingreso a la universidad, porque esto parece tener una influencia positiva en la actitud hacia tecnologías como la IA (Wong et al., 2019) y seguir fomentando el uso de TIC como herramienta para el aprendizaje informal (o no escolarizado).

También es importante considerar aspectos sociodemográficos al evaluar el impacto de la IA en el proceso de aprendizaje. Como se observó en este estudio, los hombres mostraron una actitud más positiva hacia el uso de las IA; sin embargo, estos resultados requieren una exploración más profunda en futuras investigaciones para comprender mejor las posibles diferencias y sus causas.

Conclusiones

Los resultados de este estudio sugieren la necesidad de diseñar e implementar estrategias educativas que fomenten una actitud positiva hacia el uso de la IA, enfocándose en el desarrollo de competencias y conocimientos relacionados con esta tecnología, pero siempre desde una visión crítica y reflexiva sobre su impacto en la sociedad y en la educación. Asimismo, los hallazgos subrayan la importancia de fortalecer el sentido de autoeficacia en los estudiantes, ya que este no solo promueve una mejor actitud e integración de la IA en el proceso de enseñanza-aprendizaje, sino que también ha demostrado ser beneficioso en diversos aspectos del aprendizaje, ayudando a los estudiantes a enfrentar desafíos con mayor confianza y adaptabilidad.

Referencias

Akanni, A., & Oduaran, C. A (2018). Perceived social support and life satisfaction among freshmen: Mediating roles of academic self-efficacy and academic adjustment. *Journal of Psychology in Africa, 28*(2), 89-93. https://doi.org/10.1080/14330237.2018.1454582

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman.

Hayat, A. A., Shateri, K., Amini, M., & Shokrpour, N. (2020). Relationships between academic self-efficacy, learning-related emotions, and metacognitive learning strategies with academic performance in medical students: A structural equation model. *BMC Medical Education, 20*(1), 76. https://doi.org/10.1186/s12909-020-01995-9

IBM Data and AI Team. (2023). Understanding the different types of artificial intelligence. *IBM Blog*. https://www.ibm.com/think/topics/artificial-intelligence-types

Indriana, D. P., Alamsyah, N. A., & Othman, N. A. (2022). *The continuance intention of e-learning: The role of compatibility and self-efficacy technology adoption*. 2022 10th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM), Yogyakarta, Indonesia. https://doi.org/10.1109/CITSM56380.2022.9935868

Jyothychandra, R., & Sulaimann, E. (2022). Effect of consumer prior knowledge on attitude, behavioural intention and adoption of artificial intelligence enabled products: A study among generation Y and Z. *International Journal of Health Sciences, 6*(S2), 2109–2128. https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS2.5254

Kamal, N., & Banu, T. (2010). ICT in Higher Education – A Study. *Canadian Journal on Data, Information and Knowledge Engineering, 1*(1).

Majid, I., & Lakshmi, V. (2022). Artificial Intelligence in Education. *The Indian Journal of Technical Education, 45*(3), 11-16. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4463555

Nielsen, T., Dammeyer, J., Vang, M. L., & Makransky, G. (2018). Gender Fairness in Self-Efficacy? A Rasch-Based Validity Study of the General Academic Self-Efficacy Scale (GASE). *Scandinavian Journal of Educational Research, 62*(5), 664-681. https://doi.org/10.1080/00313831.2017.1306796

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2022). *Skills for the Digital Transition: Assessing Recent Trends Using Big Data*. OECD. https://doi.org/10.1787/38c36777-en

Rivoir, A. L. (Ed.). (2019). *Tecnologías digitales: Miradas críticas de la apropiación en América Latina*. CLACSO.

Sánchez-Cardona, I., Rodriguez-Montalbán, R., Acevedo-Soto, E., Lugo, K. N., Torres-Oquendo, F., & Toro-Alfonso, J. (2012). Self-Efficacy and Openness to Experience as Antecedent of Study Engagement: An Exploratory Analysis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 46,* 2163-2167. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.446

Sit, C., Srinivasan, R., Amlani, A., Muthuswamy, K., Azam, A., Monzon, L., & Poon, D. S. (2019). Attitudes and perceptions of UK medical students towards artificial intelligence and radiology: A multicentre survey. *Insights into Imaging, 11*(14). https://doi.org/10.1186/s13244-019-0830-7

Schunk, D. H., & DiBenedetto, M. (2020). Self-efficacy and human motivation. En D. H. Schunk, & J. A. Greene (Eds.), *Handbook of self-regulation of learning and performance* (pp. 243–253). Routledge.

Suh, W., & Ahn, S. (2022). Development and Validation of a Scale Measuring Student Attitudes Toward Artificial Intelligence. *SAGE Open, 12*(2), 215824402211004. https://doi.org/10.1177/21582440221100463

Van Zyl, L. E., Klibert, J., Shankland, R., See-To, E. W. K., & Rothmann, S. (2022). The General Academic Self-Efficacy Scale: Psychometric Properties, Longitudinal Invariance, and Criterion Validity. *Journal of Psychoeducational Assessment, 40*(6), 777-789. https://doi.org/10.1177/07342829221097174

Wang, B., Rau, P.-L. P., & Yuan, T. (2023). Measuring user competence in using artificial intelligence: Validity and reliability of artificial intelligence literacy scale. *Behaviour & Information Technology, 42*(9), 1324-1337. https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2072768

Wong, G. K. W., Ma, X., Dillenbourg, P., & Huan, J. (2019). Broadening artificial intelligence (AI) education in K-12: Where to start? *INROADS*, 1-15.

20 *Engagement* en el aprendizaje de lenguas + inteligencia artificial: Oportunidades y retos para la educación superior

Carlos Alberto Noriega Guzmán @,
Marcela Salgado Mercado @ *y Jitka Crhová* @

El objetivo principal de este capítulo es contribuir a la construcción de una base sólida de prácticas pedagógicas universitarias que integren la inteligencia artificial (IA) en el aprendizaje de lenguas. Para ello, es importante reconocer el impacto de la IA en la actualidad. En los últimos años, el interés creciente en el uso de la inteligencia artificial generativa (IAG) en la educación superior ha impulsado el diseño de nuevas prácticas y directrices para su implementación tanto dentro como fuera del aula (Chrisinger, 2019; Gallent-Torres et al., 2023; Holmes et al., 2021; Rejeb et al., 2024; UABC, 2023; UNAM, 2023). Estas tecnologías emergentes son de fácil acceso y uso, por lo cual son atractivas para los universitarios que pueden darle distintos propósitos (ver Chatterjee & Bhattacharjee, 2020). Especialmente, al adoptar la forma de un *chatbot*, una aplicación informática que imita conversaciones naturales y parecidas a las humanas con los usuarios (Ashfaque et al., 2020), los profesores de lenguas los pueden imaginar como herramientas útiles para fomentar el *engagement* del estudiante en el estudio de lenguas extranjeras.

Al mismo tiempo, en este campo ha surgido un interés en el concepto de engagement, el cual describe el estado acción del estudiante que interactúa con elementos contextuales que favorecen el aprendizaje de lenguas (ver Hiver et al., 2020, 2024; Mercer & Dörnyei, 2020; Noriega & Senra, 2023). Dado el éxito histórico del campo de la enseñanza de lenguas en la adopción de tecnologías emergentes (Ghanizadeh et al., 2015), este capítulo explora las oportunidades y retos del uso de la IAG en los cursos de lenguas a nivel universitario, centrándose particularmente en la utilización adecuada de instrucciones (denominadas *prompts*) por parte de los estudiantes en el marco conceptual del engagement en el aprendizaje de lenguas.

Engagement en el aprendizaje de lenguas

Al conceptualizar el engagement es común encontrar coincidencias con otros términos relevantes como lo es la motivación. No obstante, con base en la trayectoria del rol de la motivación en el aprendizaje desde la psicología educacional y la enseñanza de lenguas, se determinó que "el *engagement* es un estado de acción hacia elementos contextuales que favorece el aprendizaje, que es tridimensional (conductual, emocional y cognitivo) y evidente en el interés, la atención y la participación en el curso de lenguas" (Noriega & Senra, 2023, p.205) y que es importante en el aprendizaje de lenguas desde una perspectiva motivacional (Hiver et al., 2020, 2024; Mercer, 2019; Mercer & Dörnyei, 2020; Oga-Baldwin, 2019). Para delimitar el concepto es importante diferenciarlo de la motivación, que es un elemento privado del individuo representado en la mente, mientras que el engagement es público al evidenciarse en acciones (Oga-Baldwin, 2019; Reeve, 2012), principalmente en la participación del estudiante (Mercer & Dörnyei, 2020; Noriega & Senra, 2023; Oga-Baldwin, 2019). El engagement es la motivación en acción en el aprendizaje de lenguas y es necesario para el desarrollo de la competencia comunicativa (Mercer & Dörnyei, 2020), por lo que es importante utilizar este marco conceptual en el presente estudio.

Ahora, es necesario precisar que el engagement, como es adoptado en este capítulo, se alinea a la descripción de tres dimensiones de Noriega y Senra (2023):

> Primeramente, es evidente que el *engagement* es conductual porque tiene evidencia en la participación en el aula (Mercer y Dörnyei, 2020), así como involucramiento en actividades académicas y extracurriculares que son cruciales para lograr las metas del curso (Fredricks et al., 2004) [...] el *engagement* emocional tiene implicaciones en el estado del estudiante con relación a los elementos contextuales: individuos, actividades, materiales, recursos, retroalimentación y otros. Para Reeve (2012), el *engagement* emocional parece poder describirse en un continuo con polos opuestos donde existen emociones que facilitan el aprendizaje como lo es el interés, la curiosidad y el entusiasmo, así como los sentimientos opuestos; por ejemplo, el estrés, la ira, la frustración, la ansiedad y el miedo, emociones que complican el aprendizaje [...] Finalmente, el *engagement* cognitivo es evidente para varios autores dentro de las actividades que demandan una inversión cognitiva considerable (por ejemplo, Hiver et al., 2020; Finn y Rock, 1997; Fredricks, 2015; Fredricks et al., 2004, 2016; Mercer y Dörnyei, 2020; Reeve, 2012). (pp. 205-206)

Considerando el objetivo principal planteado, uno de los retos es identificar las oportunidades que ofrece la IAG para favorecer los niveles de engagement que, de acuerdo con el supuesto teórico, son necesarios para el aprendizaje de lenguas extranjeras. Para ello, se decidió analizar los retos y oportunidades que ofrece ChatGPT en el aprendizaje de lenguas extranjeras.

ChatGPT y el aprendizaje de lenguas extranjeras

ChatGPT es un modelo de lenguaje de gran tamaño (*large language model*, LLM) que destaca como un avanzado sistema de IAG con la capacidad de comprender y generar texto de manera aparentemente humana (Brown et al., 2020). ChatGPT permite a los usuarios usar la IAG a través de *prompts*. En el ámbito de la IA, un prompt se define como un conjunto de instrucciones específicas que se proporcionan a un LLM, como ChatGPT, con el fin de personalizar las interacciones; estas instrucciones también se utilizan para aplicar reglas y automatizar procesos dentro del sistema (White et al., 2023). La capacidad de ChatGPT para proporcionar respuestas rápidas y auténticas en el formato de un *chatbot* es notable. A partir de esta idea, surge la reflexión sobre las oportunidades educativas tanto dentro como fuera del aula al emplear la IAG. Con el uso de prompts adecuados, este LLM puede realizar una amplia variedad de tareas de manera eficiente y efectiva, como responder, formular, predecir, describir, explicar, ejemplificar, simplificar, sugerir, revisar, replantear, parafrasear, indicar y señalar, entre otras, en cuestión de segundos. La literatura existente respalda consistentemente las ventajas del uso de chatbots en el aprendizaje de lenguas, como han demostrado investigaciones previas (Fryer & Carpenter, 2006; Fryer et al., 2017; Huang et al., 2022; Kohnke et al., 2023), lo que vuelve el uso de ChatGPT en el aprendizaje de lenguas en una oportunidad innovadora en términos educativos. La Tabla 1 propone una taxonomía para la clasificación de estas ventajas, resumiendo algunas de las contribuciones más destacadas de los chatbots.

Como puede verse, el número de ventajas que proponen los chatbots los vuelve interesantes como oportunidades para favorecer el aprendizaje en el área de lenguas. El potencial de uso yace en la capacidad y la creatividad del docente y el estudiante para diseñar prompts (instrucciones) que aprovechen estas ventajas.

A continuación, se sugieren algunos prompts que se diseñaron considerando al universitario como el usuario y que sirven no solo para aprovechar una ventaja, sino para argumentar su importancia en el aprendizaje de lenguas, a través del reconocimiento del prompt en alguna dimensión del engagement. Por motivos prácticos, el foco es en prácticas comunicativas, asesoría en el aprendizaje de lenguas y generación de contenido, considerando el objetivo central de este capítulo que es contribuir a la creación de prácticas para la enseñanza de lenguas que incorporan IAG (Tabla 2).

Tabla 2

Prompts para el aprendizaje de lenguas clasificados por dimensión del engagement

	Engagement conductual	Engagement emocional	Engagement cognitivo
Prácticas comunicativas	ChatGPT, ayúdame a calendarizar nuestras conversaciones en [lengua] de tal manera que practiquemos 5 días a la semana. Los temas por abordar están relacionados con los contenidos de mi clase de [lengua], que son de nivel A1.	ChatGPT, quiero ajustar el nivel de dificultad de nuestras interacciones. ¿Podemos empezar con preguntas y respuestas básicas en [lengua] y luego aumentar gradualmente la complejidad según mi progreso?	Conduzcamos entrevistas en [lengua] sobre temas específicos. Me gustaría obtener una comprensión más profunda y mejorar mi capacidad de seguir conversaciones detalladas.
Asesoría en el aprendizaje de lenguas	ChatGPT, actúa como mi profesor de [lengua]. Proporcióname una lección sobre un tema específico y sugiere actividades prácticas para reforzar el aprendizaje.	ChatGPT, ayúdame a diseñar un sistema de recompensas virtual. Podemos establecer hitos y asignar recompensas simbólicas para mantenerte enfocado y motivado.	ChatGPT, ¿puedes proporcionarme una lección magistral sobre un tema específico en [lengua]? Desearía entender a fondo conceptos clave y recibir información relevante; hazme algunas preguntas de comprensión y, después de cada respuesta, ¿podrías proporcionar retroalimentación inmediata sobre la precisión y calidad de mis respuestas? Esto me ayudará a corregir errores al instante.
Generación de contenido	ChatGPT, ¿puedes proporcionar una lista de actividades diarias y divertidas para aprender [lengua]?	Quiero que nuestras interacciones sean como lecciones personalizadas. ¿Podemos abordar temas específicos que me interesen y trabajar juntos en ejemplos y ejercicios adaptados a mis necesidades?	Comencé una historia corta en [lengua]. ¿Puedes continuar la narrativa, ChatGPT? ¡Hagamos una historia juntos!

Por medio de estos prompts, se espera que el estudiante universitario utilice la IAG para estudiar, practicar y aprender una lengua. Usando ChatGPT adecuadamente, se espera un efecto positivo en los niveles de engagement del estudiante y así se puede facilitar su progreso en el aprendizaje de la lengua.

Como se puede apreciar, el conocimiento sobre los chatbots puede ser aprovechado para diseñar prompts que fomenten el engagement en el aprendizaje de lenguas y, en última instancia, lograr el aprendizaje deseado. La respuesta es instantánea, relevante, sencilla de entender, y si el usuario no está satisfecho con la respuesta, puede alterar el prompt, o bien, solicitar a ChatGPT que ajuste o corrija su respuesta. Es importante subrayar que esta novedosa tecnología no es perfecta; por ejemplo, al pedirle evaluar una lista de 100 verbos, es posible que ChatGPT incluya uno que no lo es. Al interrogarle sobre el error, esta IAG se disculpará y aceptará su error con un mensaje que puede incluir "Te pido disculpas por cualquier confusión generada".

Por ello, se propone realizar una revisión continua del producto arrojado de los prompts. Esta práctica, por el momento, es crítica para dar un buen uso a esta IAG.

Discusión

Este capítulo se centró en enunciar las ventajas del uso de IAG, en este caso ChatGPT, en el aprendizaje de lenguas; no obstante, es importante reconocer que el reto en la adopción de las IAG a nivel universitario gira en torno a superar las desventajas prevalentes. Según Marín (2023), estas tecnologías pueden producir respuestas inexactas o inapropiadas debido a la naturaleza limitada de su entrenamiento, perpetuar sesgos culturales y lingüísticos existentes en los datos de entrenamiento y presentar falta de capacidad para comprender el contexto emocional de una conversación. Estas desventajas pueden afectar los niveles de engagement y desfavorecer el aprendizaje de lenguas, por lo que es importante idear estrategias que mitiguen o reduzcan las desventajas en el futuro próximo; en este sentido, se debe hacer uso de las IAG con cautela.

Al explorar las oportunidades y retos del uso de IA en el aprendizaje de lenguas en la educación superior, se utilizó como marco teórico el engagement en el aprendizaje de lenguas. Lo que se aprendió de esta interacción con ChatGPT fue lo siguiente:

1. Es eficiente al responder rápidamente a un prompt utilizado para el aprendizaje de lenguas.
2. Puede ayudar al estudio y revisión de temas gramaticales diversos y con diferentes niveles de exigencia y detalle.
3. No es perfecto, puede cometer errores que parecen muy sencillos (similares a los que cometería un humano).

4. Puede favorecer los niveles de engagement en el aprendizaje de lenguas a través del uso adecuado de prompts.

Por ello, este aporte requerirá pronto de actualizaciones. Las oportunidades están en aprovechar y seguir buscando prompts que ayuden al estudiante a aprender lenguas con mayor eficiencia. Para continuar con el estudio de las IAG, los retos son diversos.

Conclusiones

Las IAG son el tema del momento en diversas ramas de la educación; su aparente adopción es, actualmente, una tendencia en el área de lenguas (Kohnke et al., 2023) y en universidades en todo el mundo (e. g., UABC, 2023; UNAM, 2023). Por lo tanto, los interesados en la integración de esta tecnología en el aula deben perpetuar la investigación para favorecer una transición ordenada a la enseñanza de lenguas asistida por IAG. El aporte realizado en este capítulo tuvo el objetivo de contribuir a la cimentación de prácticas idóneas que contribuyan al aprendizaje de lenguas utilizando el engagement, lo cual se logró por medio de ejemplos de prompts que el universitario puede usar para estudiar dentro y fuera del aula. Por ahora, se espera de estas prácticas la adopción, uso, evaluación y retroalimentación de estas herramientas. Se espera que estos aportes enriquezcan las dinámicas de aprendizaje, al mismo tiempo que se fomenta el engagement del estudiante y, en general, que la adopción de las IA sea aprovechada en el estudio de lenguas extranjeras.

Referencias

Ashfaque, M. W., Tharewal, S., Iqhbal, S., & Kayte, C. N. (2020, October). A review on techniques, characteristics and approaches of an intelligent tutoring chatbot system. En *2020 International Conference on Smart Innovations in Design, Environment, Management, Planning and Computing (ICSIDEMPC)* (pp. 258-262). IEEE.

Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwall, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegel, D., Wu, J., Winter, C., Hesse, C., ... Amodei, D. (2020). Language Models are Few-Shot Learners. *arXiv preprint*. https://arxiv.org/abs/2005.14165

Chatterjee, S., & Bhattacharjee, K. K. (2020). Adoption of artificial intelligence in higher education: A quantitative analysis using structural equation modeling. *Education and Information Technologies, 25,* 3443-3463.

Chrisinger, D. (2019). The solution lies in education: Artificial intelligence & the skills gap. *On the Horizon, 27*(1), 1–4. https://doi.org/10.1108/OTH-03-2019-096

Fryer, L., & Carpenter, R. (2006). Bots as language learning tools. *Language Learning & Technology, 10*(3), 8–14.

Fryer, L. K., Ainley, M., Thompson, A., Gibson, A., y Sherlock, Z. (2017). Stimulating and sustaining interest in a language course: An experimental comparison of Chatbot and Human task partners. *Computers in Human Behavior, 75,* 461–468.

Gallent-Torres, C., Zapata-González, A., & Ortego-Hernando, J. L. (2023). El impacto de la inteligencia artificial generativa en educación superior: una mirada desde la ética y la integridad académica. *RELIEVE, 29*(2), M5. http://doi.org/10.30827/relieve.v29i2.29134

Ghanizadeh, A., Razavi, A., & Jahedizadeh, S. (2015). Technology-Enhanced Language Learning (TELL): A Review of Resources and Upshots. *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy, 54*, 73-87. https://doi:10.18052/WWW.SCIPRESS.COM/ILCPA.54.73

Hiver, P., Al-Hoorie, A. H., Vitta, J. P., & Wu, J. (2024). Engagement in language learning: A systematic review of 20 years of research methods and definitions. *Language Teaching Research, 28*(1), 201-230. https://doi.org/10.1177/13621688211001289

Hiver P., Zhou A., Tahmouresi S., Sang Y., & Papi M. (2020). Why stories matter: Exploring learner engagement and metacognition through narratives of the L2 learning experience. *System, 91,* 102260. https://doi.org/10.1016/j.system.2020.102260

Holmes, W., Hui, Z., Miao, F., & Ronghuai, H. (2021). *Inteligencia artificial y educación: Guía para las personas a cargo de formular políticas*. UNESCO Publishing.

Huang, W., Hew, K. F., & Fryer, L. K. (2022). Chatbots for language learning—Are they really useful? A systematic review of chatbot-supported language learning. *Journal of Computer Assisted Learning, 38*(1), 237-257.

Kohnke, L., Moorhouse, B. L., & Zou, D. (2023). ChatGPT for Language Teaching and Learning. *RELC Journal, 54*(2), 537-550. https://doi.org/10.1177/00336882231162868

Marín, M. A. (2023). ChattGPT, ventajas, desventajas y el uso en la Educación Superior. *Killkana sociales: Revista de Investigación Científica, 7*(1), 3-8.

Mercer, S. (2019). Language learner engagement: Setting the scene. En X. Gao (Ed.), *Second handbook of English language teaching.* Springer.

Mercer, S., & Dörnyei, Z. (2020). *Engaging language learners in contemporary classrooms.* Cambridge University Press.

Noriega, C. A., & Senra, I. (2023). *Engagement* en el aprendizaje de lenguas extranjeras: diseño de un cuestionario en línea durante la pandemia de SARS-CoV-2. *Didáctica. Lengua y Literatura, 35,* 203-215.

Oga-Baldwin, W. Q. (2019). Acting, thinking, feeling, making, collaborating: The engagement process in foreign language learning. *System, 86.* https://doi.org/10.1016/j.system.2019.102128

Reeve, J. (2012). A self-determination theory perspective on student engagement. En S. L. Christenson, A. L. Reschly, & C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. 149–172). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1- 4614-2018-7_1

Rejeb, A., Rejeb, K., Appolloni, A., Treiblmaier, H., & Iranmanesh, M. (2024) Exploring the impact of ChatGPT on education: A web mining and machine learning approach. *The International Journal of Management Education, 22*(1), 100932.

Universidad Autónoma de Baja California. (2023). *Orientaciones iniciales sobre el uso académico de la inteligencia artificial.* UABC.

Universidad Nacional Autónoma de México. (2023). *Recomendaciones para el uso de Inteligencia Artificial Generativa en la docencia*. UNAM.

White, J., Fu, Q., Hays, S., Sandborn, M., Olea, C., Gilbert, H., Elnashar, A., Spencer-Smith, J., & Schmidt, D. C. (2023). A prompt pattern catalog to enhance prompt engineering with chatgpt. *ArXiv*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.11382

21 Uso estratégico de IA generativa en redacción y ortografía: implicaciones y alternativas para estudiantes y docentes de bachillerato y universidad

Rubí Surema Peniche Cetzal @ *y Karla Karina Ruiz Mendoza* @

Desde su lanzamiento en 2022, ChatGPT ha impresionado por su capacidad para realizar tareas complejas, generando tanto entusiasmo como preocupación entre los docentes e investigadores (Gianini, 2023). La inteligencia artificial generativa (IAG), como ChatGPT o Bing IA, puede incluir beneficios en el acceso a gran cantidad de información relevante en tiempo real, la generación de contenidos educativos extensos y el apoyo para aprender conceptos nuevos de manera más efectiva. Además, puede potenciar el pensamiento crítico y la creatividad, ofrece un aprendizaje personalizado y facilita la comunicación asíncrona, aumentando el compromiso y la colaboración del estudiantado (García et al., 2024). Otros de sus beneficios son la promoción del aprendizaje personalizado e interactivo, y la generación de *prompts* para evaluaciones formativas (Baidoo-Anu & Owusu, 2023) y sumativas (Ruiz, 2023).

Sin embargo, también se identifican limitaciones como la generación de información incorrecta y sesgos en los datos (Baidoo-Anu & Owusu, 2023). A la vez, la IAG también conlleva riesgos como el aprendizaje superficial, la posibilidad de impedir el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico e independiente, la invasión en la privacidad de los datos, así como el aumento de prejuicios raciales y socioeconómicos debido a sesgos en los datos de entrenamiento. Entendiendo que estos modelos de lenguaje de gran tamaño (*Large Language Model*, LLM) utilizan el procesamiento de lenguaje natural, NLP (Bozkurt & Sharma, 2023), es de suma importancia comprender qué sucede a nivel de comprensión lectora y si beneficia o no nuestra habilidad escrita.

En este capítulo se revisarán los aspectos positivos de estos LLM, analizando el impacto de su uso en el aprendizaje de la redacción y ortografía desde la escritura de un prompt idóneo, así como algunas estrategias didácticas; para después ahondar en la reflexión desde un juicio crítico y de la ética implicada en el uso de diversas aplicaciones y posibles escenarios.

Chat GPT y el aprendizaje de redacción y ortografía

ChatGPT, u otros LLM, se describe como un modelo de lenguaje de IA que ha sido preentrenado en grandes cantidades de datos de forma predictiva, lo que le permite generar texto conversacional humanoide (OpenAI, 2024). La ingeniería de prompts es un aspecto crucial que, conforme avanzan y cambian los LLM, requerirá ajustes y mejoras continuas. La IAG depende de prompts bien elaborados, lo cual es esencial para generar contenido auténtico y aprovechar su potencial. Los ingenieros de prompts, un nuevo cargo en esta línea de producción de IA que incluye a varios actores en el ámbito educativo, deben entender cómo las sutilezas del lenguaje afectan las respuestas de la IAG (Lingard, 2023).

Una forma efectiva de utilizar ChatGPT es a través del *incremental prompting* (Lingard, 2023), un proceso donde se guía progresivamente la atención del modelo para obtener respuestas más específicas y relevantes; este enfoque requiere un conocimiento previo del dominio para poder evaluar y mejorar la calidad de las respuestas del modelo. Prácticamente, es un método en el cual se formulan preguntas e instrucciones cada vez más detalladas para guiar mejor al modelo, esto significa que podríamos pasar mucho tiempo intercambiando información y órdenes con el chat.

Para interactuar con la IAG, es fundamental contar con un prompt o comando, que actúa como el conjunto de indicaciones que guían a la IA para producir una respuesta; sin este, la interacción con la IAG sería prácticamente imposible. Aunque no existe una "fórmula" única para diseñar prompts, se recomienda abordar la IAG conversacional de manera estratégica, teniendo un propósito claro, así como un tono, rol y contexto bien definidos, lo cual facilita una pedagogía conversacional basada en prompts, que mejora la comunicación y la interacción, optimizando la enseñanza y el aprendizaje (Bozkurt & Sharma, 2023; Open AI, 2024). A este conjunto estructurado de indicaciones se le puede denominar fórmula. En la Figura 1 se presenta esta fórmula de manera gráfica, como ha sido sugerida por Open AI (2024) y algunos autores (Bozkurt & Sharma, 2023; Ruiz, 2023).

Tabla 1

Fórmula para escribir un prompt en LLM



Nota. Elaboración a partir de Bozkurt y Sharma (2023), OpenAI (2024) y Ruiz (2023).

Esta fórmula (Figura 1) debe iniciar con una tarea, la cual es un verbo conjugado, o bien, una acción; por ejemplo: "elabora un resumen". El contexto refiere a las circunstancias o el marco de referencia en el que se desarrolla la tarea, lo que permite delimitar el ámbito de la acción y dirigir la atención de la IA hacia un campo específico; por ejemplo, si la tarea es "elabora un resumen", el contexto podría ser "un artículo científico sobre la física cuántica". Luego, se añaden ejemplos que sirven de modelo o guía para la IA, mostrándole el nivel de detalle o el enfoque esperado. El formato especifica cómo se desea que la IA presente la información, como puede ser en forma de lista, párrafo o tabla. El tono se refiere al estilo o la actitud que el texto debe transmitir, ya sea formal, coloquial, persuasivo, etc. Todos estos componentes se integran para formular un prompt claro y estructurado que guíe a la IA a generar una salida que cumpla con los objetivos específicos del usuario.

Partiendo de lo anterior, para redactar un buen prompt que pueda ser procesado eficazmente por la IAG, es necesario contar con habilidades de redacción más allá de lo elemental, pues la claridad y precisión en la escritura son importantes para que la IA entienda correctamente las instrucciones y genere respuestas relevantes. Aunque la ortografía podría parecer menos importante, descuidarla puede dar lugar a conversaciones extenuantes y confusas, ya que las imprecisiones en la comunicación pueden llevar a la IA a interpretar de manera incorrecta o incompleta el mensaje, afectando la calidad de la respuesta. Al respecto, Santiago-Ruiz (2023) realizó un estudio que reveló que los estudiantes utilizaban la IA principalmente para buscar u obtener información. Este estudio mostró que los estudiantes presentaban limitaciones en cuanto a la detección de errores, problemas gramaticales y organizativos en sus propios textos, lo que indica una falta de habilidades en estas áreas; además, el estudio encontró que los estudiantes tenían dificultades para buscar información de manera correcta, lo que resultó en una conciencia limitada sobre la calidad y relevancia de la información que recibían y buscaban.

No obstante, en términos de generación de contenido, ChatGPT se identifica como útil para crear esquemas y resúmenes, pero Lingard (2023) también advirtió sobre la necesidad de verificar doblemente cualquier contenido generado, especialmente en lo que respecta a referencias, debido a la posibilidad de que ChatGPT "alucine" o invente información. ChatGPT puede utilizarse para mejorar la claridad y coherencia en la redacción, por ejemplo, sugiriendo oraciones temáticas para mejorar la cohesión interna y externa de un texto; sin embargo, se advierte que puede alterar tanto el estilo como el contenido de la escritura, por lo que se recomienda hacer el estilo propio durante la reescritura del material generado (Lingard, 2023).

Asimismo, se han desarrollado páginas web especializadas para generar prompts adecuados, especialmente en el ámbito de la generación de imágenes, como es el caso de IMI PROMPT. Esto no descarta la posibilidad de solicitar asistencia al propio LLM para que mejore la formulación de nuestras solicitudes, o incluso para generar conversaciones que optimicen nuestros prompts. En este sentido, los LLM pueden actuar como asistentes de aprendizaje efectivos, ayudando a refinar las instrucciones que se les dan; sin embargo, Lingard (2023) advierte que las respuestas generadas por ChatGPT y otros modelos de IA no siempre son precisas, ya que estos modelos no tienen "conocimiento" en el sentido tradicional, sino que su funcionamiento se basa en datos previamente entrenados, lo que puede llevar a la generación de contenido inexacto o "alucinaciones".

Todas estas consideraciones no siempre se tienen claras al hablar de LLM o IAG; a menudo, se perciben como simples expendedoras de información, lo cual ha suscitado numerosas críticas y ha llevado a un perfilamiento ético que no siempre está alineado con las mejores prácticas. Esta percepción simplista ignora las complejidades y limitaciones inherentes a estos sistemas, así como los riesgos asociados a su uso. Uno de los aspectos más debatidos es el potencial de plagio que ofrecen estas herramientas; Chomsky et al. (2023) fueron especialmente críticos al señalar que los LLM pueden ser vistos como el "mayor plagiador de la historia", ya que estos sistemas funcionan tomando información preexistente y reorganizándola sin aportar realmente un entendimiento o creación original.

En este sentido, la IAG ha sido señalada por provocar la aparición de nuevas formas de deshonestidad académica, donde se observa que algunas personas se apropian de textos generados por IA y los presentan como propios, lo que constituye una forma de plagio y fraude académico (Chan, 2023).

Con esto, vale preguntarse cómo se están abordando estos desafíos en las aulas, especialmente en los niveles de educación media y superior, donde a los estudiantes se les solicita la elaboración de productos que requieren un análisis más profundo y un desarrollo disciplinar más riguroso. Es importante destacar que el enfoque en estos niveles educativos se debe a intereses específicos en la aplicación de estas herramientas tecnológicas, las cuales requieren un manejo adecuado y oportuno tanto por parte del profesorado como de los estudiantes.

Juicio crítico, ética y cultura antiplagio

Antes de abordar la cuestión de la ética en el uso de la IA, es importante considerar los avances que se han logrado en el contexto mexicano. Aunque aún se encuentran en una fase inicial, estos esfuerzos reflejan un progreso en las acciones que deberían seguir impulsándose en diversos sectores del país.

En México, se presentó la ruta para la regulación de la IA a través del Boletín No. 5253 (Cámara de Diputados, 2023), en el marco del foro "Hacia una Regulación de la Inteligencia Artificial", donde se abordaron temas relacionados con la educación, el sector empresarial y la seguridad. Aunque todavía no se han definido claramente los límites para su uso, la IAG ya se encuentra en aplicación en sus versiones 3.5 (de acceso libre) y 4.0 (de paga) (OpenAI, 2023).

Ante estos desafíos, parece imperante la adaptación continua al ecosistema digital en evolución, la formación del profesorado en competencias sobre IAG y el desarrollo de códigos éticos y directrices generales (García et al., 2024). Según el análisis de Giannini (2023), en el contexto de la medicina y la educación, la IAG ha llevado a una proliferación de datos falsos, desinformación, errores y "alucinaciones", aspectos particularmente relevantes para estos campos. Además, se ha observado un aumento en conductas tramposas y faltas a la integridad académica, así como un incremento en la brecha digital y la falta de regulación adecuada. En este sentido, aunque la AIG ofrece potencialidades significativas, su incorporación no está exenta de desafíos éticos y prácticos (Gianinni, 2023).

A medida que herramientas como ChatGPT se integran en el ámbito educativo, surge la necesidad de reevaluar y reformular nuestras prácticas y principios éticos en la enseñanza. La adopción de la IA en la educación no representa solo un cambio instrumental, sino que invita a una introspección sobre cómo estas nuevas herramientas y métodos reconfiguran nuestros valores y la estructura misma de la comunidad educativa.

La tecnología, como señaló Smith (1998), no es neutral; está fundamentada y motivada por los valores de quienes la crean, promueven y obtienen beneficios de su uso. Por lo tanto, es crucial que la integración de la IAG en la educación se realice de manera ética y equitativa, para evitar la perpetuación o amplificación de sesgos y desigualdades, asegurando que beneficie a toda la sociedad y no solo a intereses particulares. Esto es importante si consideramos que, con el uso de los LLM, los usuarios actúan como "supervisores de la información generada", ya que más allá de generar respuestas coherentes, estas herramientas a menudo requieren una revisión minuciosa para corregir desajustes o "alucinaciones" del sistema, que surgen de la falta de información o de la capacidad limitada de memoria que impide hilar adecuadamente los contenidos, lo cual refleja una ausencia de lógica abductiva (Bozkurt & Sharma, 2023; Lingard, 2023; Ruiz, 2023).

Por tanto, para responder adecuadamente a estos cambios tecnológicos es relevante la revisión y actualización de los contenidos curriculares y métodos docentes. Estos esfuerzos colectivos son fundamentales para garantizar que la integración de la IAG en la educación se realice de manera ética y responsable, maximizando sus beneficios mientras se minimizan sus riesgos potenciales (García et al., 2024).

Algunas estrategias didácticas

ChatGPT puede ser un recurso valioso para la lluvia de ideas, la generación de contraargumentos y la asistencia en la escritura accesible e inclusiva. Sin embargo, es importante que sus sugerencias no se acepten ciegamente y que se reconozcan sus limitaciones, como la imprecisión al contar palabras en tareas específicas (Lingard, 2023). En la Tabla 1 se presentan algunas estrategias didácticas para quienes decidan utilizar ChatGPT o herramientas similares en la enseñanza y el aprendizaje de redacción y ortografía, considerando también el desarrollo de aspectos éticos en el uso de estas tecnologías, como bien se enfatiza en el material sobre IA de la UNAM (2023).

Tabla 1

Estrategias didácticas enfocadas a redacción y ortografía con ChatGPT

	Estrategia didáctica	Descripción	Aspecto ético
1	Uso crítico de información	Instruir a los estudiantes a usar ChatGPT para obtener ideas generales y luego verificar la información con fuentes primarias.	Fomentar la integridad académica y evitar la desinformación.
2	Corrección de estilo y ortografía	Utilizar ChatGPT para mejorar la puntuación, vocabulario y ortografía de borradores escritos por los estudiantes.	Asegurar que los estudiantes entiendan y aprendan de las correcciones realizadas.
3	Generación de ideas y esquemas	Emplear ChatGPT para ayudar a los estudiantes a desarrollar ideas iniciales y esquemas para sus escritos.	Promover la originalidad y evitar la dependencia total de la IA para la creación de contenido.
4	Tutoría virtual	Usar ChatGPT para aclarar dudas, identificar errores y ofrecer explicaciones en temas de redacción y gramática.	Incentivar el pensamiento crítico y la comprensión profunda de los conceptos.
5	Creación de títulos	Permitir que ChatGPT sugiera títulos basados en resúmenes escritos por los estudiantes, luego modificarlos para reflejar mejor el contenido.	Estimular la creatividad y la autoría propia en los estudiantes.
6	Traducción y acceso a bibliografía	Utilizar ChatGPT para traducir textos y permitir a los estudiantes acceder a materiales en idiomas extranjeros.	Democratizar el acceso a recursos educativos y fomentar la inclusión.
7	Corrección de transcripciones de entrevistas	Aplicar ChatGPT para corregir la puntuación y ortografía en transcripciones, manteniendo el contenido original.	Mejorar la precisión en investigaciones cualitativas y respetar la integridad del material original.

Nota. Elaboración a partir del análisis de Lingard (2023), Giannini (2023) y UABC (2024).

Conclusiones

En el futuro, podemos prever que la IAG seguirá siendo influyente en la sociedad, pero su impacto dependerá en gran medida de la forma como la sociedad elija integrarla y regularla. Será crucial mantener un equilibrio entre la adopción de innovaciones tecnológicas y la preservación de valores humanísticos y éticos fundamentales (Trejo-Quintana, 2023). Esto incluye garantizar que la tecnología sirva a la sociedad en su conjunto y no solo a intereses particulares, así como abordar y mitigar cualquier efecto negativo que pueda tener en la equidad y la inclusión social.

La educación no será la excepción y deberá prepararse para adaptarse a estos recursos que, lejos de ser vistos como enemigos, deben ser reconocidos como aliados. Sin embargo, para lograr esto, será necesario promover la formación y actualización constante de docentes y estudiantes, asegurando así una integración efectiva y ética de las herramientas tecnológicas en los procesos educativos.

Referencias

Baidoo-Anu, D., & Owusu, L. (2023). Education in the Era of Generative Artificial Intelligence (AI): Understanding the Potential Benefits of ChatGPT in Promoting Teaching and Learning. *Journal of AI, 7*(1), 52-62.

Bozkurt, A., & Sharma, R. C. (2023). Generative AI and prompt engineering: The art of whispering to let the genie out of the algorithmic world. *Asian Journal of Distance Education, 18*(2), i-vii. https://doi.org/10.5281/zenodo.8174941

Cámara de Diputados. (2023, octubre 23). La Comisión de Ciencia, Tecnología e Innovación realiza el foro "Hacia una Regulación de la Inteligencia Artificial". *Boletín No. 5253.* https://comunicacionsocial.diputados.gob.mx/index.php/boletines/la-comision-de-ciencia-tecnologia-e-innovacion-realiza-el-foro-hacia-una-regulacion-de-la-inteligencia-artificial-Oct

Chan, C. (2023). A comprehensive AI policy education framework for university teaching and learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 20*(1), 38. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00408-3

Chomsky, N., Roberts I., & Watumull, J. (8 de marzo de 2023). Noam Chomsky: The False Promise of ChatGPT. *The New York Times.* https://www.nytimes.com/2023/03/08/opinion/noam-chomsky-chatgpt-ai.html

García, F. J., Llorens-Largo, F., & Vidal, J. (2024). La nueva realidad de la educación ante los avances de la inteligencia artificial generativa. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 27*(1). https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716

Giannini, S. (2023). *Generative AI and the future of education.* UNESCO. https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo

Lingard, L. (2023). Writing with ChatGPT: An Illustration of its Capacity, Limitations & Implications for Academic Writers. *Perspectives on Medical Education, 12*(1), 261–270. https://doi.org/10.5334/pme.1072

OpenAI. (2024). *Prompt Engineering Guide.* https://platform.openai.com/docs/guides/prompt-engineering

Ruiz, K. K. (2023). El uso de ChatGPT 4.0 para la elaboración de exámenes: crear el prompt adecuado. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 4*(2), 6142–6157. https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.1040

Santiago-Ruiz, E. (2023). Writing with ChatGPT in a context of educational inequality and digital divide. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology (IJEDICT), 19*(3), 28-38.

Smith, A. (1998). *An Inquiry Into the Nature and Causes of the Wealth of Nations.* Oxford University Press.

Trejo-Quintana, J. (2023). Más preguntas que respuestas. La inteligencia artificial y la educación. *Perfiles Educativos, 45(Especial),* 43-55. https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2023.Especial.61690

Universidad Autónoma de Baja California. (2024). *Recomendaciones para la Integración Efectiva de la Inteligencia Artificial Generativa en la Práctica Docente de Educación Superior.* CIAD-UABC.

Universidad Nacional Autónoma de México. (2023). *Recomendaciones para el uso de Inteligencia Artificial Generativa en la docencia. Grupo de trabajo de Inteligencia Artificial Generativa de la UNAM.* UNAM.

22 ¿La inteligencia artificial está lista para asistir a estudiantes y docentes en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en la educación superior? Una exploración de herramientas

José Ariel Camacho Gutiérrez @ *y Claudia Lara Silva* @

Desde hace unas décadas, antes del surgimiento de herramientas como ChatGPT, se han desarrollado calculadoras inteligentes para resolver ejercicios de matemáticas dentro de las que se encuentran Symbolab, Wolfram|Alpha, Mathway y Photomath; estas herramientas cuentan con capacidad de resolver ejercicios de matemáticas de variada temática y dificultad (Booc et al., 2023; Van Vaerenbergh & Pérez-Suay, 2022). Estos avances tecnológicos han puesto sobre la mesa el debate sobre cuál es la aportación de las calculadoras inteligentes en el aula y hasta dónde debe restringirse su uso a los estudiantes (Booc et al., 2023). A pesar de los esfuerzos por integrar exitosamente este tipo de herramientas en experiencias de aprendizaje significativas, el auge de la inteligencia artificial (IA) plantea un nuevo desafío para instituciones y docentes, impulsándolos a reflexionar sobre el papel que esta tecnología podría desempeñar en la enseñanza de las matemáticas.

Dentro de todas las áreas en las que puede impactar la IA, la educación ha llamado la atención de numerosos especialistas y actores involucrados en este ámbito (Alam, 2022; Kamalov et al., 2023), quienes han propuesto ideas como la implementación de tutores inteligentes (Kamalov et al., 2023). Países como China han diseñado e implementado tecnologías basadas en IA orientados a funcionar como tutores inteligentes en temas de matemáticas, brindando apoyo personalizado a los estudiantes (Voskoglou & Salem, 2020). A pesar de las iniciativas de instituciones de educación superior, como la Universidad Autónoma de Baja California (UABC, 2024), que han desarrollado recomendaciones para el uso ético y eficaz de la IA por parte de estudiantes y docentes dentro y fuera del aula, sigue siendo fundamental profundizar en las oportunidades y desafíos que implica su incorporación o limitación en cada aspecto específico del proceso de enseñanza-aprendizaje.

En este capítulo, presentamos una contribución adicional a la literatura sobre el uso de la IA para la enseñanza de las matemáticas, diferenciándose de otros estudios al centrarnos en la práctica docente. Nuestra metodología se divide en dos vertientes: en primer lugar, comparamos el desempeño de los llamados solucionadores matemáticos inteligentes (SMI) con el de herramientas basadas en modelos de lenguaje de gran tamaño (LLM, por sus siglas en inglés) para la resolución de ejercicios matemáticos; en la segunda parte, exploramos las capacidades de los LLM como herramientas de apoyo en la creación de reactivos de matemáticas, un aspecto que no ha sido abordado con claridad en la literatura actual. Creemos que esta investigación puede contribuir en la práctica docente de forma positiva, aunque aún se requieren análisis más profundos para avanzar en este campo.

Metodología

En esta sección describimos la metodología utilizada para el desarrollo de nuestras exploraciones en las aplicaciones seleccionadas:

1. SMI: Symbolab, Wolfram|Alpha y Mathway.
2. LLM: ChatGTP (versión 3.5), Bard (ahora Gemini) y Bing (ahora Copilot).

Los experimentos quedaron divididos en dos partes: por un lado, comparar el desempeño de los SMI con el de los LLM para resolver ejercicios de matemáticas; por otro lado, comparar la practicidad tanto de los SMI y las páginas web como de los LLM para diseñar ejercicios de matemáticas.

Parte 1: Resolución de ejercicios

En esta parte buscamos dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los alcances de estas herramientas inteligentes para resolver ejercicios de matemáticas? ¿Qué tan fiables son las soluciones brindadas por estas herramientas?

Para indagar sobre ello, consideramos tres ejercicios de distinto nivel de dificultad que abarcan tres temas básicos de matemáticas a nivel superior. Los temas considerados fueron los siguientes:

1. Resolución de desigualdades.
2. Resolución de límites.
3. Resolución de derivadas.

Los niveles de dificultad van desde un nivel 1, que corresponde a ejercicios de menor dificultad, hasta un nivel 3 para los de mayor dificultad. En la Tabla 1, se puede encontrar la descripción específica de cada nivel para cada uno de los temas.

Tabla 1

Descripción de los niveles de dificultad de los ejercicios

	Nivel de dificultad		
Tema	1	2	3
Desigualdades	Lineal	Cuadrática	División con la variable tanto en el numerador como en el denominador
Límites	Función sin indeterminación	Función con indeterminación removible	Función con indeterminación no removible
Derivadas	División de funciones no compuestas	Funciones compuestas	Función con base y exponente variables

De esta manera, seleccionamos una lista de nueve ejercicios matemáticos que fueron introducidos tanto en los SMI como en los LLM para su resolución. Posteriormente, analizamos si cada uno de estos ejercicios fue resuelto correctamente por ambas herramientas.

Cabe destacar que, a pesar de que los mismos nueve ejercicios se pusieron a prueba en las seis herramientas inteligentes consideradas, fue necesario realizar ajustes menores en la formulación de las instrucciones para cada una; estas adecuaciones permitieron que las herramientas comprendieran correctamente lo que se les solicitaba.

Parte 2: Diseño de ejercicios

En la segunda parte del estudio, exploramos la practicidad de los SMI y las páginas web en comparación con los LLM para el diseño de ejercicios matemáticos con características específicas. A diferencia de la primera parte, en esta sección nos enfocamos primordialmente en evaluar la calidad de las propuestas desde un enfoque cualitativo.

Para los tres LLM se hicieron cuatro solicitudes para la generación de ejercicios:

1. Escribir cinco ejercicios sobre desigualdades lineales con un resumen de la solución de cada una de ellas.
2. Escribir cinco ejercicios sobre desigualdades cuadráticas con un resumen de la solución de cada una de ellas.
3. Escribir cinco ejercicios desafiantes de desigualdades con cocientes de forma que la variable se encuentre al menos en los denominadores.
4. Escribir cinco ejercicios desafiantes de opción múltiple sobre desigualdades cuadráticas poniendo cuatro opciones en cada ejercicio e indicando cuál es la respuesta correcta en cada ejercicio.

Para los SMI y las páginas web, la metodología fue identificar si es posible generar una lista de ejercicios con especificaciones básicas tales como tema, tipo de ejercicio, cantidad de reactivos, dificultad de estos y acompañamiento de respuestas correctas.

Resultados

A continuación, se describen los resultados para cada una de las partes.

Resultados: Parte 1

Los resultados obtenidos en cuanto a resolución de ejercicios se pueden visualizar en las Tablas 2, 3 y 4.

Tabla 2

Desempeño en la resolución de desigualdades

	Nivel de dificultad		
Herramienta	1	2	3
Symbolab	√	√	√
Wolfram|Alpha	√	√	√
Mathway	√	√	√
ChatGPT		√	
Bard	√		
Bing	√	√	

Tabla 3

Desempeño en la resolución de límites

	Nivel de dificultad		
Herramienta	1	2	3
Symbolab	√	√	√
Wolfram|Alpha	√	√	√
Mathway	√	√	√
ChatGPT		√	
Bard		√	
Bing		√	

Tabla 4

Desempeño en la resolución de derivadas

	Nivel de dificultad		
Herramienta	1	2	3
Symbolab	√	√	√
Wolfram|Alpha	√	√	√
Mathway	√	√	√
ChatGPT			√
Bard			
Bing			√

En el análisis de los tres temas abordados, considerando los distintos niveles de dificultad, se encontró que los SMI lograron proporcionar respuestas correctas en todos los casos; por otro lado, los LLM mostraron un desempeño variado.

Como se muestra en la Tabla 2, en el tema de desigualdades, Bard y Bing fueron capaces de resolver correctamente los ejercicios de nivel 1, mientras que ChatGPT y Bing acertaron en los ejercicios de nivel 2; sin embargo, todos los LLM fallaron en los ejercicios de nivel 3.

En el caso del tema de límites (Tabla 3), los LLM no lograron resolver correctamente los ejercicios de los niveles 1 y 3, aunque todos tuvieron éxito en los ejercicios de nivel 2.

Finalmente, en el tema de derivadas (Tabla 4), Bard no logró responder correctamente en ninguno de los tres niveles, mientras que ChatGPT y Bing lograron resolver de forma correcta el ejercicio de nivel 3.

Un aspecto interesante es que, en promedio, los LLM mostraron una mayor precisión en la resolución de ejercicios de derivadas de mayor dificultad que en los ejercicios de derivadas de dificultad intermedia o baja (Tabla 4), contrastando con el desempeño obtenido por las mismas herramientas en los otros dos conjuntos de ejercicios (Tablas 2 y 3).

Resultados: Parte 2

En cuanto al diseño de ejercicios, los LLM tuvieron la habilidad para seguir las instrucciones respecto a proponer ejercicios con determinadas características y acompañarlos con su solución sin procedimiento. Sin embargo, se detectaron errores en algunas de estas soluciones, a pesar de que el ejercicio propuesto por los LLM estaba bien planteado. Esto no es de extrañar si se toman en cuenta los resultados obtenidos en la Parte 1.

En el caso de Bing, al final de cada conjunto de ejercicios, incluyó una lista de sitios web en donde se podían consultar más ejercicios del mismo tema. Esto puede resultar provechoso como apoyo a la práctica docente, ya sea para complementar el diseño de una actividad o para compartir estos recursos con estudiantes.

Un aspecto destacable de los LLM en el diseño de reactivos matemáticos fue su capacidad para generar ejercicios de opción múltiple, proporcionando la opción correcta junto con alternativas plausibles. Al analizar cualitativamente estas opciones, se observó que las respuestas generadas mantenían una cierta homogeneidad y relevancia en relación con el contexto del ejercicio planteado. En contraste, las páginas web consultadas ofrecían listas de ejercicios clasificados por tema y nivel de dificultad, junto con sus respectivas respuestas. Aunque estos recursos eran útiles para encontrar ejercicios ya estructurados, la experiencia de usuario resultó ser limitada, ya que algunas de las interfaces no eran intuitivas, lo que dificultaba la navegación; además, los contenidos

matemáticos disponibles en estas plataformas se concentraban mayormente en temas correspondientes a la educación básica y media superior.

Con respecto a los SMI, plataformas como Symbolab y Wolfram|Alpha permitieron el acceso a ejercicios sobre temas específicos, diseñados para ayudar a los estudiantes a practicar. No obstante, esta modalidad de interacción presenta una limitación importante para los docentes interesados en diseñar actividades más completas, ya que en estos SMI solo se muestra un ejercicio a la vez.

Cabe destacar que actualmente tanto Wolfram|Alpha como Symbolab tienen la opción de una suscripción de pago. En el caso de Wolfram|Alpha, se necesita una suscripción para tener acceso a una lista de reactivos, mientras que en Symbolab no identificamos si la suscripción incluye esta funcionalidad.

Discusión

Nuestros resultados indican que, en términos generales, los SMI resultaron más eficaces que los LLM para la resolución de ejercicios de matemáticas. Cabe destacar que en el uso de los LLM se presenta el fenómeno conocido como "alucinación", donde estas herramientas generan respuestas incorrectas, pero las presentan con un alto grado de confianza, como si fueran precisas y fiables (Oehmichen, 2023). Este fenómeno subraya la necesidad de que tanto estudiantes como docentes mantengan una actitud crítica al utilizar herramientas de IA para resolver problemas matemáticos; por lo tanto, no deben confiar plenamente en las respuestas generadas, sino tomarlas como una referencia que debe ser comprobada y validada antes de considerarlas correctas.

Con respecto al diseño de reactivos, los LLM demostraron tener una capacidad para diseñar eficazmente reactivos de matemáticas. Esta funcionalidad abre un abanico de posibilidades para apoyar la práctica docente, al facilitar la creación de materiales educativos variados y adaptados a diferentes niveles de dificultad; sin duda, esta es un área que debería seguir explorándose en futuras investigaciones. Sin embargo, es importante recalcar que, al igual que en la parte de resolución de ejercicios, seguirá siendo responsabilidad del docente corroborar los planteamientos y la pertinencia de los reactivos que los LLM le sugieran.

En resumen, hemos identificado limitaciones significativas en el uso de LLM para apoyar en tareas de tutores inteligentes en la resolución de ejercicios de matemáticas, así como un potencial en el apoyo a la elaboración de reactivos y actividades para la enseñanza de esta disciplina. Al respecto, algunos estudios respaldan la idea de que los *chatbots* pueden contribuir de manera positiva al proceso de aprendizaje en matemáticas (Kamalov et al., 2023; Okonkwo & Ade-Ibijola, 2021). Según Kamalov et al. (2023),

una posible mejora en el rendimiento de estas herramientas de IA sería entrenarlas con bases de datos más amplias y específicas relacionadas con el desempeño de estudiantes en matemáticas, con el fin de que incrementar su efectividad en el apoyo individualizado al aprender esta disciplina, permitiendo una mayor escalabilidad y, por tanto, llegar a una mayor cantidad de personas. En términos de apoyo docente, Kamalov et al. (2023) indicaron que, en el futuro, estas herramientas podrían ser útiles en la evaluación de trabajos, lo que permitiría a los docentes dedicar más tiempo a brindar retroalimentación valiosa y personalizada a los estudiantes.

Por otro lado, es importante reconocer que la aplicación de la IA en la educación presenta desafíos significativos. Algunas personas temen que la IA pueda llegar a reemplazar a los humanos en diversas áreas, incluida la enseñanza; sin embargo, según Kamalov et al. (2023) y Voskoglou y Salem (2020), la comunicación directa entre personas sigue siendo fundamental, y las herramientas de IA no pueden sustituir completamente la interacción humana. Esta preocupación se hizo más evidente durante la pandemia de COVID-19, cuando tanto estudiantes como docentes experimentaron un desgaste emocional y psicológico derivado de la falta de interacción cara a cara durante las clases a distancia. Otro desafío importante se refiere al foco de atención, pues autores como Voskoglou y Salem (2020), citando a Carter et al. (2017), han mencionado que los dispositivos digitales pueden distraer incluso a los estudiantes más sobresalientes, lo que plantea interrogantes sobre cómo mantener la concentración en entornos de aprendizaje mediados por tecnología. Además, es esencial abordar aspectos relacionados con el uso y la protección de los datos de los estudiantes que alimentarían los sistemas de IA, así como garantizar que todos los estudiantes cuenten con las condiciones y herramientas tecnológicas necesarias para utilizar estas plataformas de manera adecuada (Alam, 2022; Voskoglou & Salem, 2020). Finalmente, ante el rápido desarrollo de la IA, resulta indispensable que las autoridades educativas y los docentes entablen diálogos sobre estos y otros factores, como han sugerido Van Vaerenbergh y Pérez-Suay (2021).

Es un buen momento para que instituciones, docentes y estudiantes discutan sobre alternativas para incorporar a la IA en la enseñanza de las matemáticas, buscando como último propósito que el estudiantado desarrolle habilidades de razonamiento lógico que día con día adquieren mayor relevancia. A pesar de los avances, son necesarios mayores esfuerzos y coordinaciones entre las instituciones de educación superior y los docentes de matemáticas para fortalecer el diseño y la implementación de políticas de uso de esta herramienta en las evaluaciones y demás actividades formativas (Booc et al., 2023; Ozkan et al., 2021).

Conclusión

En este capítulo se indagaron dos aplicaciones de la IA en la enseñanza de matemáticas: la resolución de ejercicios y el diseño de reactivos. A través de nuestros experimentos, descubrimos que los LLM, como ChatGPT, aún no son completamente confiables para resolver ejercicios de matemáticas, especialmente en comparación con calculadoras inteligentes como Symbolab, que mostraron un desempeño superior en esta tarea. No obstante, identificamos un potencial interesante en los LLM para la creación de reactivos con estructuras específicas, lo cual podría representar un apoyo adicional para los docentes en el diseño de actividades educativas.

Así como en otros campos de la educación, es importante continuar explorando las aplicaciones, implicaciones y limitaciones de la IA en el contexto de la enseñanza de las matemáticas. Para ello, es fundamental que tanto las instituciones de educación superior como los docentes se mantengan actualizados en el uso de estas tecnologías y colaboren en la creación de propuestas didácticas que maximicen el aprendizaje significativo de los estudiantes; además, deben apoyarse en la estructuración de políticas claras y transparentes que promuevan un uso responsable de estas herramientas en toda la comunidad académica. En este sentido, se vislumbran múltiples caminos a seguir en el futuro cercano para investigar cómo la IA puede integrarse de manera efectiva en la enseñanza de las matemáticas.

Referencias

Alam, A. (2022). Employing adaptive learning and intelligent tutoring robots for virtual classrooms and smart campuses: reforming education in the age of artificial intelligence. In *Advanced computing and intelligent technologies: Proceedings of ICACIT 2022* (pp. 395-406). Springer Nature Singapore.

Booc, N. B. B., Sobremisana, K., Ybañez, A., Tolosa, R., Ladroma, S. M., & Caparoso, K. M. (2023). Artificial intelligence-powered calculator application usage in mathematics summative assessments. *Iconic Research And Engineering Journals, 6*(10), 446-474.

Carter, S. P., Greenberg, K., & Walker, M. S. (2017). The impact of computer usage on academic performance: Evidence from a randomized trial at the United States Military Academy. *Economics of Education Review, 56,* 118-132.

Kamalov, F., Santandreu Calonge, D., & Gurrib, I. (2023). New era of artificial intelligence in education: Towards a sustainable multifaceted revolution. *Sustainability, 15*(16), 12451.

Oehmichen, L. A. G. (2023). ¿Por qué alucinan los modelos amplios de lenguaje? *Cuadernos Fronterizos,* (58), 45-49.

Okonkwo, C. W., & Ade-Ibijola, A. (2021). Chatbots applications in education: A systematic review. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 2,* 100033.

Ozkan, Z. A., Boccio, D., Seo, D., & Budak, S. (2021). *Revising College Algebra instruction to accept and incorporate the use of smart phone applications*. 2021 ASEE Virtual Annual Conference Content Access.

Universidad Autónoma de Baja California. (2024). *Recomendaciones para la Integración Efectiva de la Inteligencia Artificial Generativa en la Práctica Docente de Educación Superior*. UABC. https://ciad.mxl.uabc.mx/wp-content/uploads/2024/01/IA_Practica_Docente_2024-01-24.pdf

Van Vaerenbergh, S., & Pérez-Suay, A. (2022). A classification of artificial intelligence systems for mathematics education. In *Mathematics education in the age of artificial intelligence: How artificial intelligence can serve mathematical human learning* (pp. 89-106). Springer International Publishing.

Voskoglou, M. G., & Salem, A. B. M. (2020). Benefits and limitations of the artificial with respect to the traditional learning of mathematics. *Mathematics, 8*(4), 611.

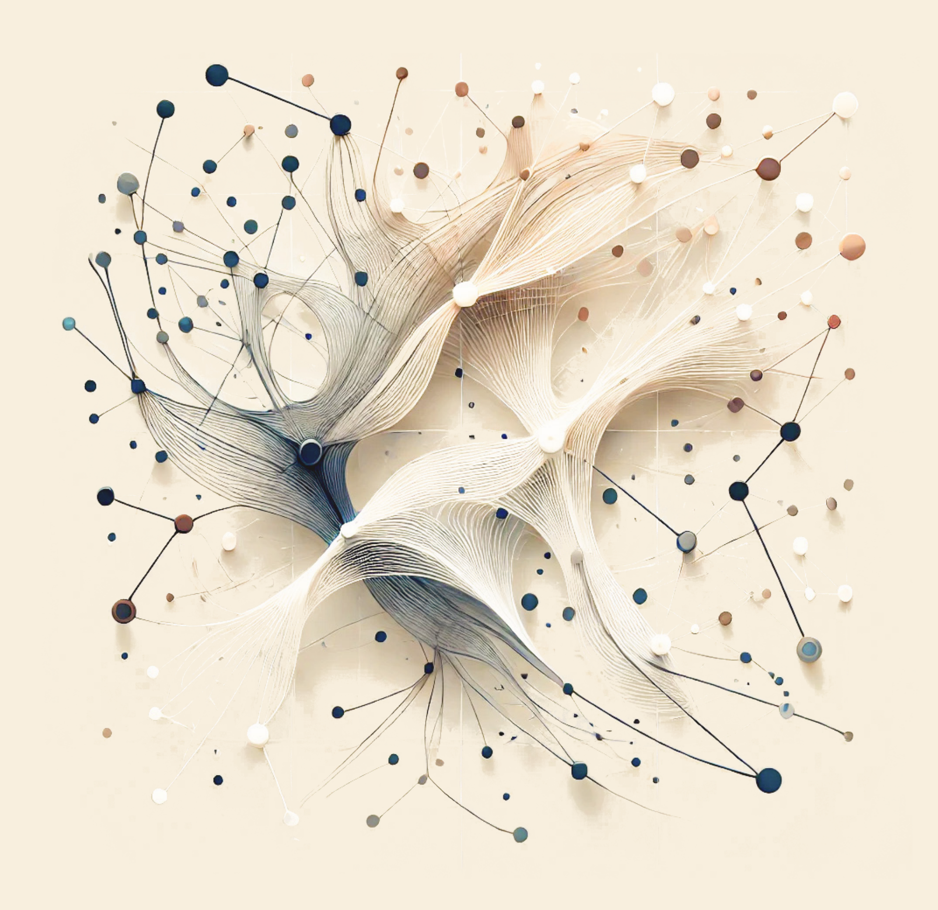
Adopción de la inteligencia artificial y tecnologías digitales en la educación superior

Volumen 1

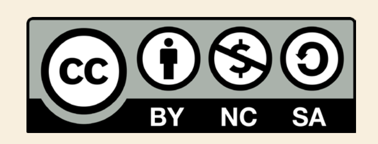
Esta obra se terminó de producir en marzo de 2025.
Su edición y diseño estuvieron a cargo de:



Qartuppi, S. de R.L. de C.V.
https://qartuppi.com




OPEN ACCESS


BY NC SA

Esta obra examina el impacto disruptivo de las tecnologías digitales en la educación superior, resaltando su influencia en las metodologías pedagógicas, los perfiles profesionales y la relación entre el aula y la sociedad. A lo largo de sus capítulos multidisciplinarios, explora aplicaciones que van desde el ámbito de la salud hasta el uso de asistentes virtuales y la realidad virtual, destacando las oportunidades para la innovación docente. Además, aborda los desafíos éticos emergentes y la urgencia de actualizar los perfiles curriculares para integrar la inteligencia artificial de manera efectiva. Con un enfoque que equilibra la innovación tecnológica y la reflexión ética, este libro propone una educación más inclusiva y adaptable a los desafíos del futuro.

Qartuppi®

ISBN 978-607-8694-64-8
DOI 10.29410/QTP.25.05

